DU MÊME AUTEUR

La Dissolution opposée à l'Évolution, 1 vol. in-8°, Alcan, 1899. — **Les Illusions évolutionnistes**, 1 vol. in-8°, Alcan 1930.

Précis raisonné de Morale pratique, 1 vol. in-12, Alcan, 3e édition, 1930.

Vocabulaire technique et critique de la philosophie (avec les annotations et observations de MM. les membres et correspondant de la *Société française de Philosophie*), 3 vol. grand in-8°, Alcan, 1931.

Les théories de l'Induction et de l'Expérimentation, 1 vol. in-8°, Boivin, 1929.

Quid de mathematica, tam naturali quam experimentali, senserit Baconus Verulamius, 1 vol. in-8°, Alcan, 1899.

ANDRÉ LALANDE
Membre de l'Institut,
Professeur de Logique et de Méthodologie des sciences
à l'Université de Paris.

LECTURES
SUR LA
PHILOSOPHIE DES SCIENCES

ONZIÈME ÉDITION, REVUE ET CORRIGÉE

RÉPONDANT AUX PROGRAMMES D'ADMISSION A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, A L'ÉCOLE DE SAINT-CYR ET AUX BACCALAURÉATS (PHILOSOPHIE DES SCIENCES)

LIBRAIRIE HACHETTE
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS
1932
Droits de traduction et de reproduction réservés.

PRÉFACE

DE LA PREMIÈRE ÉDITION

Le principe de la science n'est pas construit par la science, mais donné par la raison.

ARISTOTE.

Le livre que voici n'est pas un cours de philosophie scientifique; il en existe déjà, et de très bons. Ce sont des lectures, c'est-à-dire une suite d'études développées sur des questions concernant l'histoire, les principes, les méthodes ou les rapports des sciences. En ce sens, il répond au programme des classes de mathématiques élémentaires et de première-sciences, et surtout aux instructions jointes à ce programme, qui recommandent d'illustrer le cours par de larges citations empruntées aux savants, et par de nombreux exemples puisés dans l'histoire des sciences. Ces références sont d'ailleurs presque indispensables dans un ouvrage de ce genre. « Il faut être profond dans l'art ou dans la science, disait Diderot, pour en bien posséder les éléments; c'est le milieu et la fin qui éclaircissent les ténèbres du commencement. »

Soit originales, soit extraites ainsi d'ouvrages originaux, toutes ces études sont réunies par un esprit commun, celui du rationalisme. Depuis quelques années déjà se produit un fait prévu par les philosophes du commencement de ce siècle et qui n'est pas sans gravité : la diffusion de connaissances scientifiques souvent tronquées et presque toujours trop spéciales agit d'une façon très sensible sur les esprits dont les études générales ont été limitées à l'enseignement secondaire. Les uns, d'intelligence naturellement concrète et pratique, mais de peu de finesse, se renferment dans un empirisme qu'ils croient positif parce qu'il est borné, et dont l'extension n'irait à rien moins qu'à couper tout progrès intellectuel. Les autres, d'imagination prompte et subtile, se perdent dans ce mysticisme chaque jour plus envahissant, qui ruinerait la solidité du savoir humain, si sa propagande et l'amour du merveilleux finissaient par le faire triompher. Les uns et les autres méconnaissent les bornes de la science et le fossé qui la sépare de la métaphysique. — Le moyen le plus radical de corriger ces erreurs serait sans doute une éducation générale plus prolongée et une spécialisation plus tardive. Mais à défaut d'une action aussi puissante, l'auteur de ce livre a pensé que pour combattre l'empirisme et le mysticisme qui affectent des apparences scientifiques, et fortifier la foi dans la raison, il fallait

s'adresser à l'enseignement, et notamment à la dernière année des études secondaires. Sans doute, il est bien loin d'espérer qu'un pareil résultat puisse être obtenu par un seul homme ni par un seul livre; mais une armée ne marcherait pas si chaque soldat s'arrêtait en se jugeant trop faible pour vaincre seul. Il espère donc que d'autres s'intéresseront aux mêmes idées, et qu'ils ne refuseront pas de lui signaler les défauts que leurs connaissances spéciales leur feraient apercevoir dans ce livre. Il prie particulièrement ses collègues d'être indulgents pour un travail qui n'a pas eu l'avantage d'avoir de modèles, et qui risque d'ajouter aux fautes naturelles à un ouvrage nouveau quelques-unes des imperfections d'une œuvre de seconde main. Il leur en sera d'autant plus obligé s'ils veulent bien lui communiquer leurs remarques, redresser ses erreurs ou critiquer ses démonstrations; il fera son possible pour en profiter, et rendre son travail moins inadéquat au but qu'il se propose; et si peu qu'il puisse contribuer à préserver quelques esprits de la fausse science, il ne croira pas avoir perdu son temps.

Septembre 1893.

PRÉFACE

DE LA DEUXIÈME ÉDITION

Je n'ai rien à ajouter à la préface ci-dessus en ce qui concerne l'esprit de cet ouvrage. J'ai seulement essayé, dans cette nouvelle édition, de le rendre moins imparfait en corrigeant quelques erreurs, en rectifiant quelques expressions impropres, en remplaçant, par d'autres, certains textes, dont l'intérêt était médiocre, et en insérant des textes nouveaux qui m'ont semblé importants à connaître.

Plusieurs de ces améliorations m'ont été indiquées par des lecteurs, à qui j'adresse tous mes remerciements. Je dois mentionner particulièrement M. Charles Andler, qui a rendu compte de cet ouvrage dans la *Revue philosophique*; M. Fumagalli, qui l'a traduit en italien; et le rédacteur anonyme de la Revue *Obrazovanié*, qui en a publié une adaptation russe.

J'ai cru qu'il serait bon d'insister davantage sur le caractère « communautaire » de la raison, et sur la grande loi de l'*assimilation intellectuelle*, à laquelle

j'ai eu l'occasion de consacrer un ouvrage et plusieurs articles depuis la publication de celui-ci. Cette vue, mal accueillie à ses débuts, tend aujourd'hui à se répandre parmi les savants; on en verra plus bas la preuve. Elle me paraît utile pour corriger un défaut qu'avait la première édition de ce livre : l'existence de la raison y était trop inexpliquée. J'y montrais comment les sciences la postulaient logiquement, mais non comment on pouvait la comprendre psychologiquement et la rattacher à une vue systématique de la nature humaine. La réparation de cette lacune m'a permis en même temps d'apporter plus de précision à ce qui concerne la méthode des sciences de l'esprit; j'ai beaucoup développé la question, ordinairement mal posée, des principes et des fondements de la morale; et j'ai utilisé, pour la méthode de la sociologie, l'intéressant ouvrage qu'y a consacré récemment M. Durkheim.

Malgré ces retouches, je suis bien loin de croire qu'il n'y ait plus rien à modifier dans ce livre. A défaut d'autre raison, le seul progrès des idées scientifiques en exigerait la revision d'ici à quelques années. Je renouvelle donc, et plus instamment encore, après en avoir éprouvé le bon effet, la demande de corrections et de critiques que j'adressais précédemment à mes collègues.

Juillet 1907.

PRÉFACE

DE LA CINQUIÈME ÉDITION

Les éditions successives de cet ouvrage (sauf la 4e qui n'a été, par suite des circonstances, qu'une simple réimpression) contiennent des additions et des corrections, motivées les unes par le mouvement contemporain des idées scientifiques, d'autres par les résultats auxquels m'a conduit un enseignement déjà long de la Logique et de la Méthodologie. En relisant aujourd'hui ces *Lectures*, dont la première publication remonte à plus de vingt-cinq ans, et en y faisant encore un certain nombre de retouches qui me semblent nécessaires, j'ai le sentiment que le livre n'a plus son homogénéité primitive, et qu'il appellerait sur quelques points un remaniement d'ensemble. La situation créée par la guerre, les difficultés qui embarrassent la librairie française ne me permettent pas d'entreprendre actuellement ce travail. Est-il nécessaire de répéter, cette fois encore, que les critiques ou les suggestions pouvant y contribuer pour l'avenir resteront les bienvenues?

Je ne puis donner ici la liste de tous les passages qui ont reçus dans cette édition des modifications de détail. J'appellerai seulement l'attention sur trois points.

D'abord, la théorie de la raison que j'indiquais déjà dans la préface de la seconde édition, et qui ne se confond pas avec ce qu'on nomme couramment la théorie sociologique. Plusieurs expressions ont été modifiées en ce sens, et quelques additions ont été faites pour bien marquer la distinction de ce que j'ai proposé d'appeler la *raison constituante* et la *raison constituée*. Sans affaiblir en rien la valeur de cette dernière, ni son autorité, il me paraît être dans l'esprit de la science et de la philosophie modernes de la considérer d'une manière moins statique que ne le faisait autrefois le rationalisme, et de mettre ce qu'elle a d'absolu dans la *direction* où elle se développe, non dans le tableau des principes et des formes suivant lesquels elle organise la représentation et la conduite à un moment donné.

En second lieu, j'ai cru nécessaire d'examiner la théorie des temps et des espaces multiples, opposée à la théorie classique du temps et de l'espace uniques. C'est là, d'ailleurs, un cas spécial du problème précédent. Il m'a semblé que la question, mise à l'ordre du jour par ce qu'on appelle la théorie de la « relativité », était généralement mal

posée, au point de vue philosophique ; et cela précisément parce qu'on ne tenait pas un compte suffisant de la vection intellectuelle, du mouvement de rationalisation, et qu'on ne distinguait pas nettement les valeurs scientifiques médiates des valeurs catégoriques. C'est sur ce point que porte la plus longue des additions nouvelles. On la trouvera au chapitre VII.

Enfin, à ce que je disais dès 1893 sur les idées évolutionnistes, les circonstances actuelles réclamaient un complément. Ce qui n'était alors qu'une vue théorique est devenu depuis quelques années une question vitale. Je veux parler des effets sociaux qu'engendre la doctrine du *struggle for life*. La guerre en a fourni l'exemple le plus dur par la volonté de puissance de l'Empire qui l'a déclarée sans écouter aucun appel à l'arbitrage, par la catastrophe où il a succombé lui-même en infligeant des désastres et des ruines effroyables à ses sujets, à ses alliés, aux peuples mêmes qui, en fin de compte, s'étaient victorieusement défendus contre son attaque. Le droit à l'expansion, les prétendus progrès dus à la concurrence vitale ont été la philosophie officielle de cet impérialisme dévastateur : on a pu voir à quoi ils aboutissaient. Et pourtant, malgré l'évidence et l'étendue du mal produit, il en est resté dans l'esprit public un ferment de lutte; les pays forcés à se défendre

contre l'agression ont perdu de leur idéalisme; leur victoire militaire s'accompagne d'une sourde contagion morale. La société juridique des États n'est pas assurée; à l'intérieur de chaque nation, sous l'influence des habitudes de guerre et des difficultés économiques, les simples particuliers, les associations d'intérêts privés, les groupes d'affaires se croient plus que jamais en droit de traiter leurs concitoyens en gibier de chasse, de les exploiter par la fraude ou la force, en comptant sur la providence darwinienne pour faire sortir le progrès social de la rapacité individuelle. Ou les peuples civilisés, par un redressement énergique, se dégageront de ces entraînements et de ces sophismes, et reviendront à la « règle d'or » de la justice et de la fraternité, qui veut qu'on traite son prochain comme soi-même; ou bientôt la science ne trouvera plus chez eux d'air respirable.

Décembre 1920.

PRÉFACE

A LA ONZIÈME ÉDITION

Les modifications apportées à cette édition ne sont pas considérables par rapport aux deux précédentes; mais celles-ci avaient été révisées et mises au point dans un assez grand nombre de passages, sans qu'il parût nécessaire d'en avertir spécialement par une Préface nouvelle. Les seules corrections importantes portent cette fois sur le dernier chapitre : d'une part, elles visent à prévenir des malentendus possibles, en marquant avec plus d'insistance la portée du mot *réel* dans les sciences, le caractère solide et philosophique de cette réalité, et cependant la différence qui la sépare de la réalité entendue comme une chose en soi, ou un ensemble de choses en soi, existant telles quelles antérieurement à toute connaissance, transcendantes à l'expérience, et néanmoins conçues, dans leur « nature », par analogie avec les objets d'expérience. Il y a là, comme le faisait déjà remarquer Kant, des illusions de l'esprit humain tellement

inévitables qu'on ne saurait prendre trop de précautions pour ne pas s'y laisser tromper.

D'autre part, il a paru nécessaire de marquer plus fortement le caractère *normatif* de la raison, c'est-à-dire le fait que ses principes fondamentaux sont des *jugements de valeur*, aussi bien dans l'ordre théorique que dans l'ordre moral. On en trouvera un exposé plus technique et plus détaillé dans un récent article de la *Revue philosophique*[1]. Ici, on a envisagé seulement les applications aux problèmes épistémologiques abordés dans cet ouvrage.

Enfin lorsque l'auteur écrivait, il y a près de quarante ans, la première édition de ce livre, et malgré la place déjà grande qui y était faite aux hypothèses de structure, il était encore très accoutumé, sans bien s'en rendre compte, aux formules courantes à cette époque sur l'idéal d'une science purement fonctionnelle, qui ne serait faite que de lois, et dans laquelle les lois se borneraient à relier les données immédiates de la sensation. Plus il a continué l'étude des sciences et de leur logique, plus il s'est libéré de ces restrictions injustifiées. Mais il en était resté des traces en plusieurs passages, dans des expressions qui ne se raccordaient plus bien avec l'ensemble. On a essayé de leur donner

1. *Logique normative et vérités de fait*, Revue philosophique, mars 1929.

la chasse, et de les élargir ou de les compléter toutes les fois qu'on en dépistait quelqu'une. C'est aussi l'une des raisons qui ont fait éliminer un texte de Biot, qui peut certainement recevoir une bonne interprétation, mais qui est un peu tendancieux à cet égard, et surtout qui se rapporte à un état trop dépassé des théories de la chaleur. Pour un exposé plus complet de ces conceptions et de la lutte entre proscripteurs et partisans des hypothèses concrètes, le lecteur qui s'intéresserait à la question pourra consulter *Les théories de l'induction et de l'expérimentation*, ch. VI, VIII et X : il y trouvera les phases principales de cette querelle, et les conclusions qu'on en peut tirer.

Octobre 1931.

Les numéros entre crochets [1] renvoient aux paragraphes correspondants.

Dans les longues et nombreuses citations contenues dans cet ouvrage, on a supprimé les formules qui devenaient inutiles, telles que transitions, allusions ou renvois à d'autres passages non cités, etc. Les parties supprimées n'ont été remplacées par des points que dans le cas où leur absence eût fait lacune, ou faussé la pensée de l'auteur. Mais afin que ces légères modifications ne puissent être en aucune façon cause d'erreurs pour ceux qui voudraient pousser plus loin, les titres des ouvrages ont toujours été accompagnés d'indications aussi précises que possible sur les tome, livre et chapitre d'où provient la citation.

LECTURES

SUR LA

PHILOSOPHIE DES SCIENCES

CHAPITRE I

LES SCIENCES

Désordre primitif des sensations. — Comment elles s'ordonnent. — Les sciences et la connaissance vulgaire. — But de la science. — Ses moyens : l'abstraction et la généralisation. — Importance des signes et en particulier du langage. — La science et l'autorité. — Le progrès des sciences.

1. Si nous supposons qu'un être intelligent, c'est-à-dire capable de percevoir et de penser, soit mis tout à coup dans les conditions où nous vivons, le chaos des sensations qu'il éprouvera sera d'abord extrême. Loin de lui donner l'idée d'un monde extérieur tel que le temps et l'expérience nous le représentent aujourd'hui, les impressions qu'il ressentirait ne lui paraîtraient que des modifications successives d'un être indéterminé dont il ne se distinguerait pas encore; il n'y pourrait percevoir d'abord aucun ordre, aucune forme, aucune régularité. Ainsi l'enfant qui commence à se mouvoir étend indistinctement la main vers tout

ce qu'il aperçoit, et croit saisir une montagne comme un jouet. De même encore un aveugle-né qui vient à recouvrer la vue ne peut d'abord reconnaître les objets les plus simples; tout se confond pour lui dans une impression qu'il est incapable d'analyser. Buffon, dans le traité *De l'homme*, s'est plu à faire la description hypothétique d'une intelligence encore vierge recevant pour la première fois des sensations de toutes sortes. Sans pouvoir être pris pour l'expression d'une vérité d'histoire, le récit qu'il met dans la bouche du premier homme est pourtant quelque chose de plus qu'un simple exercice logique; il nous fait toucher du doigt certains faits psychologiques que l'habitude nous rend moins sensibles; et nous montrant avec une grande clarté le point de départ de la science, il nous fait plus aisément sentir combien est grand l'espace parcouru par l'incessante activité de la raison

« Je me souviens de cet instant plein de joie et de trouble où je sentis pour la première fois ma singulière existence; je ne savais ce que j'étais, où j'étais, d'où je venais. J'ouvris les yeux. Quel surcroît de sensations! la lumière, la voûte céleste, la verdure de la terre, le cristal des eaux, tout m'occupait, m'animait et me donnait un sentiment inexprimable de plaisir. Je crus d'abord que tous ces objets étaient en moi et faisaient partie de moi-même.

« Je m'affermissais dans cette pensée naissante lorsque je tournai les yeux vers l'astre de la lumière : son éclat me blessa; je fermai involontairement la paupière, et je sentis une légère douleur. Dans ce moment d'obscurité, je crus avoir perdu presque tout mon être.

« Affligé, saisi d'étonnement, je pensais à ce grand changement quand tout à coup j'entends des sons; le chant des oiseaux, le murmure des airs, formaient un concert dont la douce impression me remuait jusqu'au fond de l'âme : j'écoutai longtemps, et je me suis persuadé bientôt que cette harmonie était moi.

« Attentif, occupé tout entier de ce nouveau genre d'existence, j'oubliais déjà la lumière, cette autre partie de mon être que j'avais connue la première, lorsque je rouvris les yeux. Quelle joie de me retrouver en possession de tant d'objets brillants! Mon plaisir surpassa tout ce que j'avais senti la première fois, et suspendit pour un temps le charmant effet des sons.

« Je fixai mes regards sur mille objets divers : je m'aperçus bientôt que je pouvais perdre et retrouver ces objets, et que j'avais la puissance de détruire et de reproduire, à mon gré, cette belle partie de moi-même; et quoiqu'elle me parût immense en grandeur par la quantité des accidents de lumière et par la variété des couleurs, je crus reconnaître que tout était contenu dans une portion de mon être.

« Je commençais à voir sans émotion et à entendre sans trouble, lorsqu'un air léger, dont je sentis la fraîcheur, m'apporta des parfums qui me causèrent un épanouissement intime, et me donnèrent un sentiment d'amour pour moi-même.

« Agité par toutes ces sensations, pressé par les plaisirs d'une si belle et si grande existence, je me levai tout d'un coup, et je me sentis transporté par une force inconnue.

« Je ne fis qu'un pas, la nouveauté de ma situation me rendit immobile, ma surprise fut extrême, je crus que mon existence fuyait; le mouvement que j'avais fait avait confondu les objets; je m'imaginais que tout était en désordre.

« Je portai ma main sur ma tête, je touchai mon front et mes yeux, je parcourus mon corps; ma main me parut être alors le principal organe de mon existence; ce que je sentais dans cette partie était si distinct et si complet, la jouissance m'en paraissait si parfaite en comparaison du plaisir que m'avaient causé la lumière et les sons, que je m'attachai tout entier à cette partie solide de mon être, et je sentis que mes idées prenaient de la profondeur et de la réalité.

« Tout ce que je touchais sur moi semblait rendre à ma main sentiment pour sentiment, et chaque attouchement produisait dans mon âme une double idée.

« Je ne fus pas longtemps sans m'apercevoir que cette faculté de sentir était répandue dans toutes les parties de mon être; je reconnus bientôt les limites de mon existence, qui m'avait d'abord paru immense en étendue.

« J'avais jeté les yeux sur mon corps; je le jugeais d'un volume énorme, et si grand, que tous les objets qui avaient frappé mes yeux ne me paraissaient être en comparaison que des points lumineux.

« Je m'examinai longtemps; je me regardais avec plaisir, je suivais ma main de l'œil, et j'observais ses mouvements. J'eus sur tout cela les idées les plus étranges; je croyais que le mouvement de ma main n'était qu'une espèce d'existence fugitive, une succession de choses semblables : je l'approchai de mes yeux, elle me parut alors plus grande que tout mon corps, et elle fit disparaître à ma vue un nombre infini d'objets.

« Je commençai à soupçonner qu'il y avait de l'illusion dans cette sensation qui me venait par les yeux; j'avais vu distinctement que ma main n'était qu'une petite partie de mon corps, et je ne pouvais comprendre qu'elle fût augmentée au point de me paraître d'une grandeur démesurée : je résolus donc de ne me fier qu'au toucher, qui ne m'avait pas encore trompé, et d'être en garde sur toutes les autres façons de sentir et d'être.

« Cette précaution me fut utile : je m'étais remis en mouvement et je marchais la tête haute et levée vers le ciel; je me heurtai légèrement contre un palmier; saisi d'effroi, je portai ma main sur ce corps étranger; je le jugeai tel, parce qu'il ne me rendit pas sentiment pour sentiment : je me détournai avec une espèce d'horreur, et je connus pour la première fois qu'il y avait quelque chose hors de moi.

« Plus agité de cette nouvelle découverte que je ne l'avais été par toutes les autres, j'eus peine à me rassurer; et, après avoir médité sur cet événement, je conclus que je devais

juger des objets extérieurs comme j'avais jugé des parties de mon corps, et qu'il n'y avait que le toucher qui pût m'assurer de leur existence.

« Je cherchai donc à toucher tout ce que je voyais; je voulais toucher le soleil, j'étendais mes bras pour embrasser l'horizon, et je ne trouvais que le vide des airs.

« A chaque expérience que je tentais, je tombais de surprise en surprise; car tous les objets me paraissaient être également près de moi, et ce ne fut qu'après une infinité d'épreuves que j'appris à me servir de mes yeux pour guider ma main; et comme elle me donnait des idées toutes différentes des impressions que je recevais par le sens de la vue, mes sensations n'étant pas d'accord entre elles, mes jugements n'en étaient que plus imparfaits, et le total de mon être n'était encore pour moi qu'une existence en confusion [1].... »

2. L'esprit ne demeure pas cependant en cet état de confusion. Ces sensations, qui d'abord l'accablaient par leur nombre et leur variété, se rangent peu à peu. Comme un homme chargé de faire l'inventaire d'un entrepôt immense, où seraient accumulées des marchandises de toute sorte, il procède avec méthode pour se retrouver au milieu de cet encombrement. En prenant pour point de repère une de ses sensations, quelle qu'elle soit, il s'aperçoit d'abord que toute sensation est, par rapport à celle-là, antérieure, simultanée ou postérieure. Voilà un premier élément d'organisation. Si toute chose se présente avant, pendant ou après une autre, le chaos se débrouille un peu; un ordre y apparaît, l'ordre de la succession; et la ligne fictive le long de laquelle nous disposons ainsi tour à tour les

1. Buffon (1707-1788), *De l'Homme*, éd. Flourens, II, 133.

impressions que nous ressentons, est ce que l'on appelle le *temps* [155].

Mais si nous n'avions que cette sorte d'ordre, nous serions encore dans un grand embarras. D'abord, ce temps n'aurait aucune mesure; il ne serait ni lent ni rapide; on ne pourrait même pas dire qu'il fût uniforme ou varié. D'autre part, les sensations qui s'y présentent ensemble resteraient sans rapport l'une avec l'autre : l'homme de Buffon voit le ciel et les arbres, entend un chant d'oiseau, touche sa propre main, tout cela simultanément. Il faut encore un effort pour mettre un ordre dans toutes ces données qui l'envahissent à la fois. Une nouvelle idée lui permet de le faire : c'est celle d'*espace*. Il peut ranger les choses coexistantes et établir des rapports entre elles en les localisant en des points différents de l'étendue. Ainsi la couleur brune de la terre est en bas, le bleu du ciel en haut, le vert des arbres en face; le bruit des oiseaux qu'il entend est au-dessus de sa tête, la résistance d'un rocher contre lequel il s'appuie est derrière lui. Toutes ces localisations ne se font pas d'un seul coup, mais par des efforts et des tâtonnements successifs. Étudier en détail les opérations par lesquelles nous construisons ce que M. Taine appelle l' « atlas de nos sensations », c'est une question de psychologie. Il suffit, au point de vue particulier de la philosophie des sciences, où nous nous plaçons en ce moment, de constater qu'au bout d'un certain temps, l'incohérence absolue des sensations que subissaient l'enfant ou l'homme primitif, s'est transformée en une organisation relative qui les lui fait percevoir comme si elles étaient distribuées

dans le temps et dans l'espace, ayant chacune un lieu propre qu'elle occupe, et où nous la retrouvons, pendant un temps plus ou moins long, toutes les fois que nous dirigeons le regard ou la main de ce côté.

Une autre idée aide beaucoup à l'arrangement de nos sensations dans l'espace et le perfectionne encore. Nos sensations ne restent pas indépendantes, mais se groupent ensemble. Au même point de l'espace, je place à la fois un poids, une couleur, une odeur, un volume; ce groupe est ce que nous appelons un objet. Ces divers éléments tiennent ensemble et ne se laissent pas isoler. Je ne puis enlever de sa place la forme d'une lampe sans emporter en même temps avec elle sa couleur, sa lumière et sa chaleur. Je ne puis supprimer la résistance d'un mur qu'en détruisant ce mur, c'est-à-dire en supprimant aussi toutes les autres qualités d'épaisseur, de poids, de couleur, par lesquelles il est constitué. Nos sensations ne seront donc pas simplement répandues dans l'espace, mais encore groupées en *substances* distinctes les unes des autres et possédant chacune des propriétés : bois, fer, marbre, terre, charbon, etc. Et cette nouvelle manière de les envisager est un pas de plus dans l'organisation de nos connaissances et dans l'éclaircissement de nos idées.

3. Si tous ces objets, ou groupes de sensations, étaient invariables, et invariablement placés les uns par rapport aux autres, il suffirait d'en faire le catalogue et la description pour que la science fût achevée. Nous irions de l'un à l'autre, nous les percevrions tour à tour, et notre pensée, seule changeante dans cet uni-

vers immobile, aurait complètement atteint le but qu'elle se proposait tout d'abord : mettre de l'ordre dans ses sensations, les reconnaître, les classer, et les prévoir. — Mais, heureusement ou malheureusement, il n'en est pas ainsi. L'univers change encore plus que nous ne changeons. Des groupes de sensations se déplacent; d'autres se défont. L'eau se congèle, redevient liquide, s'évapore, flotte en nuages, se condense, retombe en pluie; les plantes grandissent, portent des fleurs et des fruits, puis se dessèchent; les animaux naissent, se nourrissent, se reproduisent et meurent. Tout paraît être dans un état perpétuel d'écoulement et d'instabilité. Pour comprendre les choses, maintenir un ordre dans les sensations, et ne pas retomber dans le chaos dont il a eu tant de peine à sortir, il faut donc que l'esprit fasse encore un effort. Localiser nos sensations n'est qu'un expédient provisoire, puisque toutes changent sans cesse de place. Le seul moyen de nous assurer est de découvrir un ordre qui gouverne même ce changement universel. Une idée fondamentale, qui tient à la nature même de l'esprit, comme celles que nous venons déjà d'appliquer, nous permet de franchir cette dernière étape. C'est l'idée des *lois* de la nature. Cette idée se présente sous bien des formes différentes, mais qui toutes se ramènent à un même principe. On peut l'énoncer en disant avec Leibniz que « rien n'arrive sans qu'on en puisse donner la raison déterminante, c'est-à-dire expliquer *a priori* pourquoi les choses sont ainsi plutôt que de toute autre façon ». On peut dire encore avec la philosophie classique : « Tout phénomène a une cause et un effet », ou bien

avec quelques philosophes modernes : « Tous les changements que nous pouvons percevoir sont intelligibles ». De quelque façon que nous exprimions cet axiome, nous affirmons que les modifications de la nature obéissent à des principes compréhensibles, et qu'il nous suffira de bien conduire nos raisonnements pour arriver à les découvrir. « Savoir véritablement, dit Bacon, c'est connaître les causes : *vere scire per causas scire.* »

Cette formule devenue proverbiale est très juste, à condition d'entendre ici le mot *cause* dans son sens le plus général [150], c'est-à-dire comme synonyme de loi naturelle[1]; car dans la mesure où nous les connaîtrons, notre besoin de régularité et de prévision se trouvera satisfait; le chaos sera définitivement mis en ordre, et notre pensée sera toujours sûre de s'y reconnaître au travers de tous ses aspects.

4. Cette marche de l'esprit, qui transforme par degrés l'abondance confuse des sensations primitives en un système de connaissances bien ordonnées et bien liées, est ce qui constitue la *science*. Elle est le passage du multiple à l'un, de l'incohérent à l'intelligible. L'enfant qui s'aperçoit que sa main ne peut saisir les nuages, et l'astronome qui calcule les éléments d'une nouvelle planète parcourent chacun une étape de la même route : tous deux mettent de l'ordre dans leurs connaissances.

« Il était naturel aux hommes de suppléer à la faiblesse de leurs bras par les moyens que la nature avait mis à leur portée, et il ont été mécaniciens avant de chercher à l'être.

1. Mais Bacon visait spécialement par cet aphorisme ce qu'il appelait la « cause formelle ». Voir plus bas, § 80.

C'est ainsi qu'ils ont été logiciens : ils ont pensé avant de chercher comment on pense. Il fallait même qu'il s'écoulât des siècles pour faire soupçonner que la pensée peut être assujettie à des lois; et aujourd'hui le plus grand nombre pense encore sans former de pareils soupçons....

« Or, comme l'art de mouvoir de grandes masses a ses lois dans les facultés du corps et dans les leviers dont nos bras ont appris à se servir [1], l'art de penser a les siennes dans les facultés de l'âme, et dans les leviers dont notre esprit a également appris à se servir. Il faut donc observer ces facultés et ces leviers.

« Certainement un homme n'imaginerait pas d'établir des définitions, des axiomes, des principes, s'il voulait pour la première fois faire quelque usage des facultés de son corps. Il ne le peut pas. Il est forcé de commencer par se servir de ses bras; il lui est naturel de s'en servir. Il lui est également naturel de s'aider de tout ce qu'il sent pouvoir lui être de quelque secours et il se fait bientôt un levier d'un bâton. L'usage augmente ses forces; l'expérience, qui lui fait remarquer pourquoi il a mal fait, comment il peut mieux faire, développe peu à peu toutes les facultés de son corps; et il s'instruit.

« C'est ainsi que la nature nous force de commencer lorsque pour la première fois nous faisons quelque usage des facultés de notre esprit. C'est elle qui les règle seule, comme elle a d'abord réglé seule les facultés du corps; et si dans la suite nous sommes capables de les conduire nous-mêmes, ce n'est qu'autant que nous continuons comme elle nous a fait commencer, et nous devons nos progrès aux premières leçons qu'elle nous a données [2]. »

1. C'est une comparaison de Bacon. (*Note de Condillac.*)

2. Condillac, *Logique*, Introduction. — Étienne Bonnot de Condillac (1715-1780), abbé de Mureaux, lié avec l'école encyclopédiste, membre de l'Académie française. Ses principaux ouvrages sont l'*Essai sur l'Origine des connaissances humaines*, le *Traité des sensations*, la *Grammaire*, la *Logique*, l'*Art de raisonner* et une œuvre posthume publiée en 1798 par Laromiguière, la *Langue des calculs*

La raison d'être de la science ne consiste pas dans ses applications.

5. « Sans doute, quand on envisage l'ensemble complet des travaux de tout genre de l'espèce humaine, on doit concevoir l'étude de la nature comme destinée à fournir la véritable base rationnelle de l'action de l'homme sur la nature, puisque la connaissance des lois des phénomènes, dont le résultat constant est de nous les faire prévoir, peut seule évidemment nous conduire à les modifier à notre avantage les uns par les autres. Nos moyens naturels et directs pour agir sur les corps qui nous entourent sont extrêmement faibles et tout à fait disproportionnés à nos besoins. Toutes les fois que nous parvenons à exercer une grande action, c'est seulement parce que la connaissance des lois naturelles nous permet d'introduire parmi les circonstances déterminées sous l'influence desquelles s'accomplissent les divers phénomènes, quelques éléments modificateurs qui, quelque faibles qu'ils soient en eux-mêmes, suffisent dans certains cas pour faire tourner à notre satisfaction les résultats définitifs de l'ensemble des causes extérieures. En résumé, *science, d'où prévoyance*; *prévoyance, d'où action*, telle est la formule très simple qui exprime d'une manière exacte la relation générale de la science et de l'art [1] en prenant ces deux mots dans leur acception totale.

« Mais malgré l'importance capitale de cette relation, qui ne doit jamais être méconnue, ce serait se former des sciences une idée bien imparfaite que de les concevoir seulement comme les bases des arts, et c'est à quoi malheureusement

1. Auguste Comte prend ici le mot d'art, non pas précisément, comme il le dit, « dans son acception totale », mais plutôt avec le sens particulier qu'a ce terme dans les expressions *arts mécaniques*, *École des arts et métiers*, etc., puisqu'il l'identifie un peu plus bas avec l'industrie. C'est encore ainsi qu'un tunnel ou un viaduc sont des ouvrages d'*art*; qu'on discute si l'on doit dire la science ou l'*art* des fortifications; enfin, qu'un ouvrier s'appelle un *artisan*.

on n'est que trop enclin de nos jours. Quels que soient les immenses services rendus à l'*industrie* par les théories scientifiques; quoique, suivant l'énergique expression de Bacon, la puissance soit nécessairement proportionnée à la connaissance, nous ne devons pas oublier que les sciences ont avant tout une destination plus directe et plus élevée, celle de satisfaire au besoin fondamental qu'éprouve notre intelligence de connaître les lois des phénomènes. Pour sentir combien ce besoin est profond et impérieux, il suffit de penser un instant aux effets physiologiques de l'étonnement, et de considérer que la sensation la plus terrible que nous puissions éprouver est celle qui se produit toutes les fois qu'un phénomène nous semble s'accomplir contradictoirement aux lois naturelles qui nous sont familières....

« Si la puissance prépondérante de notre organisation ne corrigeait, même involontairement, dans l'esprit des savants, ce qu'il y a sous ce rapport d'incomplet et d'étroit dans la tendance générale de notre époque, l'intelligence humaine, réduite à ne s'occuper que de recherches susceptibles d'une utilité pratique immédiate, se trouverait par cela seul, comme l'a très justement remarqué Condorcet, tout à fait arrêtée dans ses progrès, — même à l'égard de ces applications auxquelles on aurait imprudemment sacrifié les travaux purement spéculatifs; car les applications les plus importantes dérivent constamment de théories formées dans une simple intention scientifique, et qui souvent ont été cultivées pendant plusieurs siècles sans produire aucun résultat pratique. On en peut citer un exemple bien remarquable dans les belles spéculations des géomètres grecs sur les sections coniques, qui, après une longue suite de générations, ont servi, en déterminant la rénovation de l'astronomie, à conduire finalement l'art de la navigation au degré de perfectionnement qu'il a atteint dans ces derniers temps, et auquel il ne serait jamais parvenu sans les travaux si purement théoriques d'Archimède et d'Apollonius; tellement que Condorcet a pu dire avec raison à cet égard : « Le matelot, qu'une exacte « observation de la longitude préserve du naufrage, doit la « vie à une théorie conçue deux mille ans auparavant, par « des hommes de génie qui avaient en vue de simples spécu- « lations géométriques ».

« Il est donc évident qu'après avoir conçu d'une manière générale l'étude de la nature comme servant de base rationnelle à l'action sur la nature, l'esprit humain doit procéder aux recherches théoriques en faisant complètement abstraction de toute considération pratique; car nos moyens pour découvrir la vérité sont tellement faibles que si nous ne les concentrions pas exclusivement vers ce but, et si, en cherchant la vérité, nous nous imposions en même temps la condition étrangère d'y trouver une utilité pratique immédiate, il nous serait presque toujours impossible d'y parvenir [1]. »

L'abstraction et la généralisation. Les signes.

6. La route suivie par la science, dit Aristote, part des objets que saisissent nos sens, et aboutit aux lois que saisit notre raison. Les sens nous font connaître des touts concrets et individuels; la raison les décompose en leurs éléments simples et voit ce qu'ils ont de commun. Il n'y a pas de science de l'individuel, indéfiniment divers et changeant : il n'y a de science que du général.

Cette formule célèbre est facile à justifier. L'idée de la forme d'un arbre, celle de la couleur du soleil, ou celle du caractère d'un homme sont autant d'idées sin-

1. Auguste Comte, *Cours de philosophie positive*, deuxième leçon. J.-B. Baillière, éd. — Aug. Comte (1798-1857) est le fondateur de l'école philosophique appelée *positiviste*. Outre l'ouvrage cité plus haut, son œuvre principale est le *Traité de politique positive*. Mais les doctrines de ce second écrit sont loin d'être acceptées par tous ses disciples.

gulières; car chacune d'elles ne s'applique qu'à un seul être spécial. Cela n'est point objet de science. Quel ordre, en effet, pourrait-on chercher à introduire dans une chose unique? Il suffit de la nommer, ou tout au plus de la décrire; on ne saurait aller plus loin. Pour faire la science il faut établir des rapports, et tout rapport exige plusieurs termes; toute loi veut une multiplicité de phénomènes différents entre lesquels elle puisse établir quelque chose de commun.

Cette partie commune entre les choses diverses se nomme le *général*. L'idée de sphère est une idée générale, car elle convient également, malgré leurs différences extrêmes, au globe terrestre, au soleil, à une goutte d'eau. L'idée d'homme est générale, car elle s'applique à tous les individus de toutes les races de la terre. L'idée d'être vivant est plus générale encore, car elle comprend dans son extension [1] non seulement les hommes, mais encore toutes les espèces d'animaux et de plantes qui tombent sous nos sens ou que nous pouvons imaginer. Voilà pour les idées. Il en est de même des jugements que nous formons. Ils sont individuels (ou, en langue technique, *singuliers*) quand ils concernent un seul individu; *généraux*, quand ils concernent plusieurs individus à la fois; et lorsque ces individus forment une classe d'êtres qui présentent *tous* une propriété, un caractère, une loi commune, le jugement qui s'applique à tous les individus de cette classe s'appelle *universel* [2]. Les jugements individuels

1. On appelle *extension* d'une idée générale le nombre des individus auxquels elle convient. La *compréhension*, au contraire, est l'ensemble des caractères qui constituent cette idée.

2. Ne pas confondre les jugements universels ainsi définis avec

et les jugements particuliers servent sans doute à la science, car dans bien des cas il faut partir de la description et de l'observation des individus pour s'élever à la connaissance des lois qui les régissent; mais ils ne la constituent pas. Elle consiste au contraire dans la découverte de principes communs résumant toute une classe de faits. Ainsi une formule d'algèbre résout, en remplaçant les lettres par leur valeur, toute une série de problèmes qu'elle exprime d'une manière générale. Un théorème, démontré pour un triangle quelconque, reste vrai quelle que soit la longueur des côtés ou la valeur des angles. La loi des poids, ou celle des proportions définies, en chimie, s'applique aux combinaisons de tous les corps. — Dans toutes les sciences d'observation, dit Aristote, il faut s'élever des choses perçues au général, de ce qui est simple pour les sens à ce qui est simple pour la raison; c'est la route naturelle de l'esprit. Les premières données de la connaissance sensible sont un chaos; plus tard seulement nous démêlons les éléments des choses et nous établissons les principes qui y mettent un ordre [1]. — C'est encore en ce sens que les scolastiques soutenaient l'axiome : *Nulla est fluxorum scientia*, il n'y a pas de science de ce qui passe. La science a pour objet, en effet, de trouver ce qui dans le changement même est régulier et fixe, comme la vitesse d'un mouvement uniforme ou l'accélération d'un mouve-

les jugements *collectifs*, qui s'appliquent non pas à *chacun* des individus d'une classe, mais à l'ensemble de la classe considérée comme un tout; par exemple : « Les animaux se divisent en vertébrés et invertébrés. »

1. Aristote, *Physique*, I, 1.

ment varié; et cela même est encore une forme du général, c'est-à-dire de l'identique et du permanent.

7. Comment forme-t-on des idées et des jugements généraux? Cette question comporte plusieurs réponses suivant les cas dont il s'agit. L'opération n'est pas la même en mathématiques et physiologie, en droit et en médecine. C'est en étudiant chaque groupe de sciences que nous pourrons voir les différentes manières de former des propositions générales et les rapports que ces différents degrés de généralité soutiennent entre eux. Mais, de quelque manière que ces idées et ces jugements aient été construits, ils présentent le caractère commun d'être des abstractions. On nomme *abstraite* l'idée d'une chose que l'esprit considère isolément, bien qu'elle ne puisse être séparée dans la nature, ni même dans notre imagination, du groupe dont elle fait partie. Ainsi la hauteur d'une montagne est une idée abstraite; car je ne puis l'imaginer sans me représenter en même temps quelque forme ou quelque couleur; mais si l'imagination ne peut isoler cette idée, l'entendement, qui est la faculté de comprendre et de raisonner, peut fort aisément ne tenir compte que de la hauteur d'un sommet, et faire abstraction de tout le reste. On voit par là qu'une idée abstraite n'est pas nécessairement générale, et qu'il peut se faire qu'elle convienne à un seul objet; mais au contraire toute idée générale est abstraite, par cela même qu'elle doit pouvoir s'appliquer indifféremment à un certain nombre d'individus particuliers. Une idée, en effet, ne pourrait être concrète qu'en se confondant totalement avec un objet réel, et dès lors elle deviendrait singulière.

Mais il y a divers degrés d'abstraction : quelques-uns, et non des moins utiles, restent très voisins du concret, comme on le verra plus loin.

Non seulement la science est ainsi générale à l'égard des objets de connaissance auxquels elle s'applique, mais elle l'est aussi à l'égard des esprits qui la possèdent. Sur tous les points où nous avons aujourd'hui des connaissances bien acquises, sur lesquelles tous les hommes instruits sont unanimes, il y a eu pendant longtemps une multitude d'opinions individuelles que chacun soutenait avec plus ou moins d'ardeur et de vraisemblance, comme il arrive encore à présent pour la plupart des questions de morale et de politique. — Tant qu'il en est ainsi, la science n'est pas faite : « Où l'on crie, dit Léonard de Vinci, il n'y a pas de vraie science : car la vérité a une seule conclusion, qui, publiée, détruit le litige pour jamais... On ne discute pas sur la question de savoir si deux fois trois font plus ou moins que six, si un triangle a ses angles moindres que deux droits, mais avec un éternel silence reste détruite toute controverse et en paix les dévots de ces sciences jouissent de leurs fruits[1]. » — Quand un homme pense quelque chose de nouveau, fût-il seul à le penser, il est dans le vrai si ce qu'il pense est propre à se communiquer sans contrainte aux autres esprits, par le seul fait de l'exposer clairement, et, par suite, a le pouvoir de les mettre d'accord en dépit des goûts, des intérêts, des passions contradic-

1. Léonard de Vinci (1452-1519), *Traité de la peinture*. § 33, dans Séailles, *Léonard de Vinci, artiste et savant*, 202.

toires; une fois que s'est établi cet accord, qui domine les fantaisies et les désirs individuels, *la science* est faite sur ce point [100].

8. Mais ces opérations seraient extrêmement difficiles, pour ne pas dire impossibles, si l'homme n'avait su trouver un moyen de fixer ses idées abstraites et générales, de les représenter, de les classer, d'établir entre elles des rapports sans être obligé de recommencer chaque fois l'opération d'esprit qui les a produites. Ce puissant instrument de la pensée consiste dans l'emploi d'un système de *signes*. On appelle ainsi tout symbole apparent et perceptible d'une chose absente, cachée, ou impossible à percevoir. « Lorsque vous montez sur l'arc de triomphe de l'Étoile et que vous regardez au-dessous de vous du côté des Champs-Élysées, vous apercevez une multitude de taches noires ou diversement colorées qui se remuent sur la chaussée et sur les trottoirs. Vos yeux ne distinguent rien de plus. Mais vous savez que sous chacun de ces points sombres ou bigarrés il y a un corps vivant, des membres actifs, une savante économie d'organes, une tête pensante, conduite par quelque projet ou désir intérieur, bref une personne humaine. La présence des taches a indiqué la présence des personnes. La première a été le signe de la seconde.

« Des associations de ce genre se rencontrent à chaque instant. — On lève la nuit les yeux vers le ciel étoilé, et l'on se dit que chacune de ces pointes brillantes est une masse monstrueuse semblable à notre soleil. — On marche dans les champs vers le soir en

automne, on remarque des fumées bleues qui montent tranquillement dans les lointains, et à l'instant on imagine sous chacune d'elles le feu lent que les paysans ont allumé pour brûler les herbes sèches. — On ouvre un cahier de musique, et, pendant que le regard suit les ronds blancs ou noirs dont la portée est semée, l'ouïe écoute intérieurement le chant dont ils sont la marque. — Un cri aigu d'un certain timbre part d'une chambre voisine, et l'on se figure un visage d'enfant qui pleure parce que sans doute il s'est fait mal.... — Dans tous ces cas, une expérience présente suggère l'idée d'une autre expérience possible; nous faisons la première et nous imaginons la seconde; l'aperception d'un événement, objet ou caractère éveille la conception d'un autre événement, objet ou caractère. En touchant le premier anneau du couple, nous nous figurons le deuxième, et le premier est le signe du second [1]. »

Ces exemples présentent les uns des signes naturels, comme la fumée, la lumière des étoiles, un cri d'enfant; les autres, des signes qu'on nomme artificiels, parce que les hommes les ont arbitrairement choisis, comme par exemple les notes de musique. Cette dernière classe est nombreuse : les signaux de chemin de fer, les points et les traits du télégraphe, la « série » des sémaphores, les chiffres, les mots, les lettres, sont autant de signes artificiels. Ce sont ces derniers qui sont les plus utiles à la science, ayant été précisément créés pour représenter les opérations fondamentales

1. H. Taine, *De l'Intelligence*, I, 1. Hachette, éd.

de la pensée, abstraction, généralisation, jugement et raisonnement [42].

9. « J'ai un jardin enclos de haies, et on me vole mes fruits; je me décide à l'entourer d'un mur, je prends ce que je trouve d'ouvriers dans le village, quatre par exemple, et je vois au bout d'un jour qu'ils m'ont fait ensemble douze mètres de mur. L'ouvrage va trop lentement, j'envoie chercher six autres ouvriers au village voisin, et je me demande de combien de mètres chaque nouvelle journée augmentera mon mur. Pour cela, je cesse de me figurer les ouvriers avec leur blouse et leur truelle, le mur avec ses pierres et son mortier. Je remplace mes premiers ouvriers par le chiffre quatre, leur premier travail par le chiffre douze, tous mes ouvriers ensemble par le chiffre dix, l'ouvrage inconnu qu'ils me feront par le signe x, et j'écris la proportion suivante :

$$4 : 12 :: 10 : x = \frac{12 \times 10}{4} = 30.$$

« A partir d'aujourd'hui, sauf accident ou ivrognerie, si les nouveaux ouvriers travaillent comme les anciens, si tous ensemble travaillent comme les premiers ont travaillé d'abord, mes dix ouvriers feront chaque jour trente mètres de mon mur. — Rien de plus commun qu'une pareille opération; tous les calculs pratiques se font de même. On substitue aux objets réels qu'on imaginait d'abord des chiffres qui les remplacent partiellement; ils les remplacent au seul point de vue qu'on avait besoin de considérer en eux, je veux dire au point de vue du nombre. Cela fait, on oublie les objets représentés; ils reculent sur l'arrière-plan; on ne considère plus que les chiffres, on les assemble, on les compare, on les transpose, on travaille sur eux à titre d'équivalents plus commodes, et le chiffre final auquel on arrive indique l'objet ou groupe d'objets auquel on veut arriver.

« La substitution va plus loin, et les chiffres, substituts des choses, reçoivent eux-mêmes des substituts qui sont des lettres. Après avoir fait plusieurs opérations comme la précédente, je puis remarquer que, dans tous les cas semblables, la proportion s'écrit de la même façon, que toujours le premier chiffre remplace les premiers ouvriers, que toujours le second remplace leur ouvrage, que toujours le troisième remplace tous les ouvriers pris ensemble, que toujours le quatrième remplace l'ouvrage inconnu. Cette remarque me fait passer de l'arithmétique à l'algèbre. Dorénavant je remplace le premier chiffre par a, le second par b, le troisième par c, et j'écris la proportion suivante :

$$a : b :: c : x = \frac{b \times c}{a}.$$

« Et je vois que dans tout cas semblable, pour savoir l'ouvrage total, il me suffira de multiplier le nombre des ouvriers réunis par le chiffre de l'ouvrage des premiers, puis de diviser par le produit de ces premiers.

« Au lieu de ce cas si réduit, considérez le travail d'un algébriste qui écrit des équations sur un tableau pendant une heure. Il opère à côté des chiffres, et par contre-coup, sur les chiffres, comme un arithméticien opère à côté des choses, et, par contre-coup, sur les choses. Il efface en lui les chiffres, comme l'autre efface en lui les choses. Tous deux alignent et combinent des séries de signes, et ces signes sont des *substituts*. — A la vérité, ils ne sont point, comme les noms propres, substitués à l'objet total qu'ils désignent, mais seulement à une portion ou à un point de vue de cet objet. La lettre algébrique ne remplace pas le chiffre arithmétique tout entier avec sa quantité précise, mais seulement sa fonction et son rôle dans l'équation où il doit entrer. Le chiffre arithmétique ne remplace point la chose entière avec toutes ses qualités et caractères, mais seulement sa qualité et son nombre. L'une et l'autre remplacent seulement quelque chose de l'objet imaginé, c'est-à-dire un fragment, un extrait; le chiffre, un extrait plus complexe; la lettre, un extrait moins complexe, c'est-à-dire un extrait du premier extrait. Mais la substitution, quoique partielle, n'est pas moins visible. Deux sciences complètes, infiniment fécondes, reposent sur elle et ne sont efficaces que par là [1]. »

1. TAINE, *De l'Intelligence*, *ibid.*

10. Parmi tous les systèmes de signes créés par l'homme, moitié par réflexion et moitié par instinct, pour représenter les idées abstraites et générales, ceux du langage, ou les mots, sont de beaucoup les plus généralement employés, les plus importants et les plus commodes. Ils peuvent suppléer à tous les autres, comme l'a fait voir Condillac dans sa *Langue des Calculs*; et il n'en est aucun qui puisse les remplacer dans la totalité de leurs emplois.

« La famille des noms, comme on sait, se divise en deux branches, celle des noms propres et celle des noms communs, et on les distingue très justement en disant que les premiers, comme César, Tuileries, Cromwell, ne conviennent qu'à un seul objet, tandis que les seconds, comme arbre, triangle, couleur, conviennent à un groupe indéfini d'objets. Ceux-ci sont les plus nombreux et les plus usités dans toute mémoire humaine; il y en a trente ou quarante mille dans une langue, et ils forment à eux seuls tout le dictionnaire. En outre, ils sont les plus importants : c'est par leur moyen que nous faisons des classifications, des jugements, des raisonnements, bref, que nous passons de l'expérience brute et décousue à la science ordonnée et complète.

« Comme tous les signes, et, en particulier, comme tous les noms, ils sont le premier terme d'un couple et tirent derrière eux un second terme. Mais ce second a des caractères fort singuliers qui le séparent de tous les autres et prêtent au nom des qualités propres. Les logiciens et les grammairiens disent très bien qu'un nom commun, comme arbre ou polygone, est un nom général ou abstrait. — Il est général parce qu'il convient à un *genre* ou groupe d'objets semblables, le nom d'arbre à tous les arbres, peupliers, chênes, cyprès, bouleaux, etc.; le nom de polygone à tous les polygones, triangles, quadrilatères, pentagones, hexagones, etc. — Il est abstrait parce qu'il désigne un *extrait*, c'est-à-dire une portion d'individu, laquelle se retrouve dans

tous les individus du groupe; le nom d'arbre exprime la qualité commune à toutes les espèces d'arbres, peupliers, chênes, cyprès, bouleaux, etc.; celui de polygone représente la qualité commune à toutes les sortes de polygones, triangles, quadrilatères, pentagones, hexagones, etc. — On voit la liaison de ces deux caractères du nom; il est général parce qu'il est abstrait; il convient à toute la classe parce que l'objet désigné, n'étant qu'un morceau, peut se retrouver dans tous les individus de la classe, lesquels, semblables à ce point de vue, restent néanmoins dissemblables à d'autres points de vue. Voilà un couple d'espèce nouvelle, puisque son second terme n'est pas un objet dont nous puissions avoir perception et expérience, c'est-à-dire un fait entier et déterminé, mais une portion de fait, un fragment retiré par force et par art du tout naturel auquel il appartient et sans lequel il ne saurait subsister.

« Pouvons-nous avoir l'expérience, perception ou représentation sensible de ce fragment détaché et isolé? Non certes; car cela serait contradictoire. — Lorsque, après avoir vu sur le tableau des triangles, des quadrilatères, des pentagones, des hexagones, etc., et tout à côté, en contraste, des cercles et des ellipses, je prononce à propos des premiers le nom de polygone, je n'ai pas en moi-même la représentation sensible du polygone pur, c'est-à-dire abstrait; car le polygone pur est une figure à plusieurs côtés, sans que ces côtés fassent un nombre : ce qui exclut toute expérience et représentation sensible; dès que les côtés sont plusieurs, ils font un nombre, trois, quatre, cinq, six, etc.; qui dit plusieurs dit nombre déterminé, fixé. Ordonner à quelqu'un de voir ou d'imaginer plusieurs côtés et, en même temps, de n'en voir ou imaginer ni trois, ni quatre, ni aucun nombre, c'est prescrire et interdire à la fois la même opération. — Pareillement, lorsque, après avoir vu dans la campagne trente arbres différents, des chênes, des tilleuls, des bouleaux, des peupliers, je prononce le mot arbre, je ne trouve pas en moi-même une figure colorée qui soit l'arbre en général; car l'arbre en général a une hauteur, une tige, des

feuilles, sans avoir telle hauteur, telle tige, telles feuilles; et il est impossible de se représenter une grandeur et une forme sans que cette grandeur et cette forme soient telles ou telles, c'est-à-dire précises. — A la vérité, devant le mot arbre, surtout si je lis lentement et avec attention, il s'éveille en moi une image vague, si vague qu'au premier instant je ne puis dire si c'est celle d'un pommier ou d'un sapin. De même, en entendant le mot polygone, je trace en moi-même fort indistinctement des lignes qui se coupent et tâchent de circonscrire un espace, sans que je sache encore si la figure qui est en train de naître sera quadrilatère ou pentagone. Mais cette image incertaine n'est pas l'arbre abstrait, ni le polygone abstrait; la mollesse de son contour ne l'empêche pas d'avoir un contour propre; elle est changeante et obscure, et l'objet désigné par le nom n'est ni changeant ni obscur; il est un extrait très précis; on peut en beaucoup de cas donner sa définition exacte. Nous pouvons dire rigoureusement ce qui constitue le triangle, et presque rigoureusement ce qui constitue l'animal. Le triangle est une figure fermée par trois lignes qui se coupent deux à deux, et non cette image indécise sur fond noirâtre ou blanchâtre, aux pointes plus ou moins aiguës, qui tour à tour, à la moindre insistance, se trouve scalène, isocèle ou rectangle. L'animal est un corps organisé qui se nourrit, se reproduit, sent et se meut, et non ce quelque chose informe et trouble qui oscille entre des formes de vertébré, d'articulé ou de mollusque, et ne sort de son inachèvement que pour prendre la couleur, la grandeur, la structure d'un individu.

« Ainsi, entre l'image vague et mobile suggérée par le nom et l'extrait précis et fixe noté par le nom, il y a un abîme. — Pour s'en convaincre, que le lecteur considère le mot myriagone et ce qu'il désigne. Un myriagone est un polygone de dix mille côtés. Impossible de l'imaginer, même coloré et particulier, à plus forte raison général et abstrait. Si lucide et si compréhensive que soit la vue intérieure, après cinq ou six, vingt ou trente lignes, tirées à grande peine, l'image se brouille et s'efface; et cependant

ma conception du myriagone n'a rien de brouillé ni d'effacé; ce que je conçois, ce n'est pas un myriagone comme celui-ci, incomplet et tombant en ruine, c'est un myriagone achevé et dont toutes les parties subsistent ensemble; j'imagine très mal le premier et je conçois très bien le second; ce que je conçois est donc autre que ce que j'imagine, et ma conception n'est point la figure vacillante qui l'accompagne [1]. »

11. Qu'est-ce donc que cette conception? Les immenses services que les signes rendent à la pensée ont donné lieu à quelques logiciens anciens et modernes de s'imaginer qu'elle consistait uniquement dans le fait d'employer un même signe pour différentes choses, et que penser, juger, raisonner, n'était autre chose que combiner des mots tout haut ou tout bas. *Universalia flatus vocis*, disaient quelques scolastiques : toute idée générale n'est que le son ou la forme du mot qui la désigne. « Cheval », dans cette théorie, ne représente donc rien tant qu'il n'est pas question nominativement de tel cheval. Ce serait seulement un signe qui peut se combiner légitimement aux signes « quadrupède, vertébré, rapide » et qui ne saurait s'adjoindre au nom de « reptile » ou à l'épithète « ailé ». L'art de raisonner se réduirait donc en définitive à savoir quels mots conviennent et disconviennent entre eux; ce que Condillac rendait par une formule très connue : « Toute science n'est qu'une langue bien faite ».

Le mathématicien Duhamel a été très sévère pour cette théorie. On a peine à concevoir, dit-il, qu'un homme sérieux, et du mérite de Condillac, ait pu s'arrêter à un pareil système. « Il faut que sa singularité,

1. TAINE, *De l'Intelligence*, I, II. Hachette, éd.

jointe à la satisfaction qu'il ne dissimule pas de s'en reconnaître l'auteur, et une méditation incessante, dirigée constamment vers la confirmation de ces opinions, aient fini par produire en lui cette idée fixe, qui est restée impuissante, comme tout ce qui n'est pas la vérité. — Ce n'est pas le langage qui fait les déductions, il les exprime et les fixe quand l'esprit les a faites. Il peut les rendre plus ou moins faciles, suivant qu'il est plus ou moins parfait. Les démonstrations d'Archimède, si difficiles à suivre quand on emploie, comme il le faisait, le langage ordinaire, deviennent très simples avec le langage algébrique. Mais la comparaison est toujours une opération de l'esprit; et le mécanisme du langage a pour objet de la faciliter et non de l'exécuter [1]. »

12. Mais alors, en quoi consiste au juste cette *idee* que nous pensons sous le terme général, et qui ne peut être une simple image, même confuse?

On pourrait peut-être l'expliquer de la façon suivante. Quand nous avons vu successivement et comparé nombre d'arbres, d'animaux, de paysages, nous avons fait pour chacun d'eux un certain acte d'intelligence, un certain effort dont la réalité psychologique est incontestable, et qui est précisément ce qu'on appelle comparaison. Cette sorte de mouvement de l'esprit, qui s'est renouvelé pour chaque objet particulier, tout en restant au fond identique à lui-même, est le lien de la série tout entière. C'est lui que nous pensons quand

1. Duhamel (1797-1872), professeur à l'École polytechnique, *De la Méthode dans les sciences de raisonnement*, I, 72-76. Gauthier-Villars, éd.

nous énonçons le terme général. Cette pensée est sans doute *formelle* et toute vide de contenu. Mais l'expérience précédente nous a appris qu'elle était apte à recevoir précisément les déterminations matérielles que nous avons besoin de considérer dans chaque cas. Je forme par exemple le concept de quadrupède : sans doute, j'imagine vaguement des pattes de cheval, de lion ou de chien; mais ce que je pense est l'*acte* intellectuel de compter quatre pieds, et d'en reconnaître le compte, acte qui reste bien le même dans tous les cas. Cet acte est à la fois très précis et cependant impossible à imaginer sous une forme matérielle; et tels sont les deux caractères fondamentaux de l'idée générale. De même si je songe aux idées de hauteur, de profondeur, de justice, de vertu, je verrai surgir dans mon esprit non pas l'image d'une chose, mais le souvenir et la forme d'une opération mentale, un cadre à images que je me rappelle avoir rempli et que je sais pouvoir remplir encore; en définitive, le mouvement intellectuel effectué par mon esprit quand il a d'abord perçu, puis comparé les divers individus englobés dans cette idée générale. On peut donc dire que le concept général n'est ni un simple signe, ni une idée véritable, εἶδος, renfermant une matière, un objet sensible de la pensée; mais qu'il consiste dans un *schème opératoire* de notre entendement, quelque chose comme le rythme d'un vers dont on ne peut retrouver les mots, ou comme le mouvement à vide d'une presse qui continuerait une fois encore son geste automatique après avoir imprimé la dernière feuille de papier [1].

1. M. Taine dit qu'une idée générale est une *tendance au mou-*

Au reste, si cette explication peut avoir quelque importance au point de vue de la psychologie, qui se préoccupe surtout de savoir avec précision comment l'esprit fonctionne, elle n'a qu'un intérêt spéculatif en ce qui concerne la logique et la philosophie des sciences. Car deux choses restent incontestables en fait : la première, que toute science forme et combine des idées générales, de quelque manière que nous les pensions; et la seconde, qu'il nous serait pratiquement impossible de préciser, de retenir et de comparer ces idées, si nous ne pouvions pas, dans toutes ces opérations, les représenter par des signes qui leur servent de substitut.

La science et l'autorité. — Le progrès des sciences.

13. « Dans les matières où l'on recherche seulement de savoir ce que les auteurs ont écrit, comme dans l'histoire, la géographie, la jurisprudence, les langues et surtout la théologie; et enfin dans toutes celles qui ont pour principe ou le fait simple, ou l'institution divine ou humaine, il faut nécessairement recourir à leurs livres, puisque tout ce que l'on en peut savoir y est contenu; d'où il est évident que l'on peut en avoir la connaissance entière et qu'il n'est pas possible d'y rien ajouter.

« S'il s'agit de savoir qui fut premier roi des Français, en quel lieu les géographes placent le premier méridien, quels mots sont usités dans une langue morte, et toutes les choses de cette nature, quels autres moyens que les livres pourraient nous y conduire? Et qui pourra rien ajouter de nouveau à ce qu'ils nous en apprennent, puisqu'on ne veut savoir que ce qu'ils contiennent? C'est l'autorité seule qui nous en peut éclaircir. Mais où cette autorité a la principale force, c'est dans la théologie, parce qu'elle y est inséparable de la vérité et que nous ne la connaissons que par elle; de sorte que pour donner la certitude entière des matières les plus incompréhensibles à la raison, il suffit de les faire voir dans les livres sacrés, parce que ses principes sont au-dessus de la nature et de la raison, et que l'esprit de l'homme étant trop faible pour y arriver par ses propres efforts, il ne peut parvenir à ces hautes intelligences[1] s'il n'y est porté par une force toute-puissante et surnaturelle.

« Il n'en est pas de même des sujets qui tombent sous le sens ou sous le raisonnement : l'autorité y est inutile; la raison seule a lieu d'en connaître. Elles ont leurs droits séparés : l'une avait tantôt tout l'avantage; ici l'autre règne à son tour. Mais comme les sujets de cette sorte sont proportionnés à la portée de l'esprit, il trouve une liberté tout entière de s'y étendre : sa fécondité inépuisable produit continuellement et ses inventions peuvent être tout ensemble sans fin et sans interruption.... C'est ainsi que la géométrie, l'arithmétique, la musique, la physique, la médecine, l'architecture et toutes les sciences qui sont soumises au raisonnement doivent être augmentées pour devenir parfaites. Les anciens les ont trouvées seulement ébauchées par ceux qui les ont précédés; et nous les laisserons à ceux qui viendront après nous en un état plus accompli que nous ne les avons reçues. Comme leur perfection dépend du temps et de la peine, il est évident qu'encore que notre peine et notre temps nous eussent moins acquis que leurs travaux séparés

vement, produisant un signe qui est le mot ou le geste. Cela sans doute est fort juste; mais ce n'est que la face émotive et extérieure du phénomène; il faut expliquer cette impulsion et savoir pour cela de quel état intellectuel elle dépend. Il est aisé de le faire si l'on voit dans le concept l'image d'une opération interne de notre entendement; car au nom de la grande loi des idées-forces, une pareille idée doit nécessairement tendre à l'acte, et déterminer un mouvement matériel, une tendance organique comme celle dont on constate ici l'existence.

1. Idées. *Intelligentiae* est employé dans ce sens par les philosophes latins.

des nôtres, tous deux néanmoins joints ensemble doivent avoir plus d'effet que chacun en particulier...

« Cependant il est étrange de quelle sorte on révère leurs sentiments. On fait un crime de les contredire et un attentat d'y ajouter, comme s'ils n'avaient plus laissé de vérités à connaître [1]. N'est-ce pas là traiter indignement la raison de l'homme et la mettre en parallèle avec l'instinct des animaux puisqu'on en ôte la principale différence, qui consiste en ce que les effets du raisonnement augmentent sans cesse, au lieu que l'instinct demeure toujours dans un état égal? Les ruches des abeilles étaient aussi bien mesurées il y a mille ans qu'aujourd'hui et chacune d'elles forme cet hexagone aussi exactement la première fois que la dernière. Il en est de même de ce que tous les animaux produisent par ce mouvement occulte [2]. La nature les instruit à mesure que la nécessité les presse; mais cette science fragile se perd avec les besoins qu'ils en ont. Comme ils la reçoivent sans étude, ils n'ont pas le bonheur de la conserver; et toutes les fois qu'elle leur est donnée elle leur est nouvelle, puisque la nature n'ayant pour objet que de maintenir les animaux dans un ordre de perfection bornée, elle leur inspire cette science nécessaire toujours égale, de peur qu'ils ne tombent dans le dépérissement, et ne permet pas qu'ils y ajoutent, de peur qu'ils ne passent les limites qu'elle leur a prescrites [3]. Il

1. Un professeur de l'Université de Pise, Jérôme Borrius, cité par M. Thurot dans son *Histoire du principe d'Archimède*, écrivait en 1576 : « Je dis à mes auditeurs : voilà ce qu'Aristote enseigne; voici ce que dit Platon; Galien s'exprime ainsi; Hippocrate a dit cela. Ceux qui m'entendent sont forcés de reconnaître que la parole de Borrius est digne de toute confiance, puisqu'elle n'est pas de lui, mais que ce sont les hommes les plus illustres qui parlent par sa bouche.... Si je ne trouve pas dans mes recueils les idées qui me viennent à l'esprit, je les abandonne aussitôt comme suspectes d'erreur, ou je les garde en réserve jusqu'à ce qu'elles vieillissent et s'éteignent avant d'avoir vu le jour. »

2. C'est-à-dire dont la cause est cachée.

3. Cette idée de Pascal est au moins singulière. On ne voit guère ce que peut être cette nature qui redoute de laisser l'animal devenir trop intelligent. « La Nature? disait Grimm à une époque où les explications de ce genre abondaient en philosophie, — qu'est-ce que c'est que cette femme? » Et si Pascal entend parler ici de Dieu, quelle bizarre conception que de l'imaginer comme ayant peur de voir les animaux franchir les bornes qu'il leur a prescrites ! Peut-être ne faut-il voir dans tout ceci qu'un développement littéraire destiné à amener la pensée suivante, qui peut faire aisément passer sur le reste. D'ailleurs ce fragment de Pascal n'est qu'une ébauche; des lacunes, des phrases inachevées témoignent qu'il n'a pas été revu ; il n'est pas bien étonnant que la pensée elle-même porte la trace d'un premier jet.

n'en est pas de même de l'homme, qui n'est produit que pour l'infinité. Il est dans l'ignorance au premier âge de sa vie, mais il s'instruit sans cesse dans son progrès; car il tire avantage non seulement de sa propre expérience, mais encore de celle de ses prédécesseurs, parce qu'il garde toujours dans sa mémoire les connaissances qu'il s'est une fois acquises, et que celles des anciens lui sont toujours présentes dans les livres qu'ils en ont laissés. Et comme il conserve ces connaissances, il peut aussi les augmenter facilement; de sorte que les hommes sont aujourd'hui en quelque sorte dans le même état où se trouveraient ces anciens philosophes, s'ils pouvaient avoir vieilli jusqu'à présent, en ajoutant aux connaissances qu'ils avaient celles que leurs études auraient pu leur acquérir à la faveur de tant de siècles. De là vient que par une prérogative particulière, non seulement chacun des hommes s'avance de jour en jour dans les sciences, mais que tous les hommes ensemble y font un continuel progrès à mesure que l'univers vieillit, parce que la même chose arrive dans la succession des hommes que dans les âges différents d'un particulier : de sorte que toute la suite des hommes, pendant le cours de tant de siècles, doit être considérée comme un même homme qui subsiste toujours et qui apprend continuellement [1]. »

14. Quelle que soit l'éloquence avec laquelle Pascal

1. Blaise Pascal (1623-1662), Fragment d'un *Traité du vide*, publié d'abord sous le titre : *De l'autorité en matière de philosophie* (Ed. Brunschvicg, Hachette. 1897, 75 et suiv.).

présente dans cette page célèbre le progrès des sciences, on ne peut admettre sans restrictions cette espèce de fatalité qu'il reconnaît à l'accroissement de notre savoir. Un même homme, à moins d'étranges maladies, conserve sans cesse les vérités qu'il s'est assimilées. L'humanité est au contraire sujette à des fluctuations de science et d'ignorance, à des retours de barbarie qui effacent une civilisation comme la marée efface sur une plage les dessins qu'y ont faits des enfants. La liberté de parler et d'écrire, la diffusion superficielle des sciences dans les pays où nous vivons, la séduction de découvertes rapides et sans cesse renouvelées, tout contribue à nous cacher actuellement cette vérité. Beaucoup de gens aujourd'hui croient au Progrès comme on croyait à la Nature au temps de Jean-Jacques Rousseau. Combien songent à quel point ce progrès est chose instable et aléatoire, pénible à conquérir, difficile à conserver? Sans doute Voltaire ne se trompait pas quand il écrivait cette parole de foi : « La raison finira toujours par avoir raison ». Mais si le Bien et le Vrai finissent par triompher, ce n'est que par l'effort continu des héros et des penseurs, des martyrs du devoir et de la science. Si les hommes cessaient de se passionner pour la vérité et se fiaient à la fatalité des lois de l'univers pour faire progresser leur savoir, ils ne tarderaient pas à s'engourdir dans l'immobilité intellectuelle dont la Chine fut un exemple; trop heureux si le peu qu'ils savent ne s'échappait pas à la fin de leur esprit. Le mal et l'ignorance sont toujours là qui résistent, prêts à ressaisir l'homme à sa première défaillance. Nous savons tous ce qu'a été le

moyen âge, parce qu'il est tout près de nous; mais combien de fois l'humanité a-t-elle traversé des crises de ce genre, et de plus profondes? Chaque jour l'érudition contemporaine retrouve chez les anciens des connaissances que nous avions cru inventer et que nous n'avions fait que retrouver péniblement. Pythagore enseignait à ses disciples le mouvement de la Terre autour du soleil, et tout un système astronomique analogue à celui de Copernic. Deux mille ans plus tard, les mêmes théories étaient qualifiées de nouveautés hérétiques, et Galilée faisait amende honorable pour les avoir soutenues. — Des civilisations entières se sont produites, se sont écroulées, ont été reconstruites; des périodes d'obscurité les séparent. *Sicut regionum*, dit Bacon, *ita temporum sunt eremi et vastitates*; comme l'espace, le temps a ses déserts et ses solitudes. L'humanité a déjà plusieurs fois peut-être amassé le trésor de la science, et l'a laissé perdre. Tous les peuples ont la légende d'un paradis ancien, d'un âge d'or, d'une révélation : ne serait-ce pas le souvenir d'une civilisation et d'une science antérieures, détruites par quelque cataclysme physique ou moral [1]? — De pareilles réflexions peuvent troubler la croyance aveugle à la fatalité du progrès et à son indestructibilité. Nos contemporains disent volontiers de leur savoir, comme l'historien grec : κτῆμα εἰς ἀεί. Cela ne peut être vrai que si les hommes qui pensent et qui savent préservent leur foyer avec une infatigable activité. Sans cela, qui pourrait garantir qu'il ne sera pas détruit?

1. Cf. Bailly, *Astronomie* et *Lettres à M. de Voltaire sur le progrès des sciences*.

15. Nous avons lieu cependant d'espérer un meilleur sort. J.-W. Herschel, dans le dernier chapitre de sa *Philosophie naturelle*, résume ainsi les causes du développement actuel des sciences, les méthodes qui en font la force, les moyens de communication qui en assurent ou tout au moins qui en favorisent la durée :

« Les lents progrès qu'ont faits les sciences physiques jusqu'à la fin du XVI^e^ siècle et le rapide développement qu'elles ont pris depuis cette époque, forment le contraste le plus étrange. Nous ne trouvons dans la première période que de légères améliorations faites à longs intervalles, qu'une complète indifférence qui livre les découvertes déjà faites à une sorte d'oubli, ou tout au moins les fait considérer plutôt comme des curiosités littéraires que comme des choses qui ont un intérêt, une valeur intrinsèques. Quelques individus apparaissaient de siècle en siècle, qui appréciaient leur importance, éprouvaient ce besoin de connaissances qui supplée à tout dans les esprits d'un ordre élevé. Mais, faute de direction dans les études, faute de bien saisir le but qu'on voulait atteindre, d'apprécier les avantages que pouvaient donner des recherches liées, systématiques, et surtout par l'apathie de la société pour tout ce qui ne se rapportait pas aux intérêts ordinaires de la vie, ces tentatives accidentelles échouèrent et ne purent imprimer à la science une impulsion ferme, régulière. Elle se concentrait d'ailleurs dans une région trop peu accessible à l'intelligence ordinaire. Un tremblement de terre, une comète, un météore igné, fixaient alors comme aujourd'hui l'attention générale et produisaient partout les conjectures les plus étranges sur les causes qui produisaient ces sortes de phénomènes; mais on ne supposait pas que les sciences pussent s'exercer sur des sujets communs, qu'elles s'occupassent d'arts mécaniques, qu'elles descendissent jusque dans les mines, les laboratoires. Il est difficile de penser néanmoins

que toutes les indications de la nature soient passées inaperçues, ou qu'une foule de bonnes observations, de raisonnements exacts, n'aient pas péri avant la découverte de l'imprimerie, qui fournit à chacun le moyen de publier ses idées. Dès lors, les étincelles de connaissance ne s'éteignirent plus après n'avoir brillé qu'un moment. Chaque inspiration heureuse, chaque fait important fut soigneusement conservé, et bientôt il en résulta un faisceau de lumière inattendu. Le mouvement imprimé aux esprits se communiqua d'un bout de l'Europe à l'autre. La commotion fut si vive, les résultats qu'elle produisit si étendus, qu'elle dépassa toutes les espérances que les hommes les plus ardents en avaient conçues. Les découvertes les plus étonnantes se succédèrent l'une à l'autre, et l'on ne peut citer une seule branche de science qui n'ait participé à ce vaste mouvement. Il n'en est pas une qui ne se soit étendue, ne se soit perfectionnée.

« Une des causes principales d'un si heureux état de choses est cet immense développement de richesses et de civilisation qui crée le loisir, développe le goût des recherches intellectuelles, goût dont la marche progressive a déjà embrassé l'Europe presque entière, et que les établissements qui s'étendent ou se multiplient répandront bientôt sur toute la surface du globe. Ce qui a principalement contribué à éclairer les diverses branches d'histoire naturelle, c'est plus de facilités, plus de moyens d'observations. C'est à cette considération que nous devons rapporter la prodigieuse extension que les sciences naturelles ont prise dans ces derniers temps; c'est à elle que nous rapporterons ces immenses acquisitions qu'ont faites et que font encore chaque jour les diverses branches de botanique et de zoologie. On sent, du reste, que les informations que peuvent recueillir les voyageurs les plus actifs et les plus éclairés, sont toujours bien inférieures à celles que rassemblent ceux qui vivent, observent sur place. Les premiers peuvent faire des collections, réunir à la hâte quelques données, noter la

distribution des formations géologiques dans les lieux où ils se trouvent, assister même au développement de quelque phénomène local; mais celui qui réside peut seul entreprendre une série d'observations régulières, telle que l'exige la détermination scientifique des climats, des marées, des variations magnétiques, et une foule de choses de cette espèce. Seul il peut entrer dans tous les détails de la structure géologique, rapporter chaque couche, par une étude soignée, attentive des débris qu'elle renferme, à la véritable époque à laquelle elle appartient. Seul il peut noter les habitudes des animaux indigènes, les limites de la végétation, acquérir une connaissance exacte des richesses minérales du pays, et d'une multitude d'autres détails indispensables pour avoir une idée complète du globe considéré dans son ensemble, ce qui constitue la base de ce qu'on doit entendre sous la dénomination de géographie physique

« Et il faut aussi tenir compte de ce que les occasions se multiplient d'observer et de noter ces phénomènes extraordinaires qui ne reviennent qu'à de longs intervalles; l'instruction qu'ils produisent est d'autant plus importante qu'ils sont plus rares. A mesure que s'accroît le nombre de ceux qui cultivent les sciences, que s'agrandit l'espace où ils sont répandus, les communications deviennent plus nécessaires et plus essentielles. Il est important que plusieurs individus ne s'épuisent pas sur le même sujet, ne se livrent pas aux mêmes recherches; car, outre la perte de leur temps, ces travaux simultanés amènent encore des jalousies, des querelles, qui sont toujours dommageables. Les méthodes d'observation allant d'ailleurs s'améliorant, se perfectionnant, il importe à la science qu'elles se propagent, se répandent avec le plus de rapidité possible. On s'anime par l'idée d'un intérêt commun, on s'exalte par le sentiment d'une assistance mutuelle, on redouble d'efforts, d'activité, et cette noble émulation révèle, signale les méprises pendant qu'il en est temps encore.

« Peut-être après l'établissement des institutions qui ont pour but les progrès des sciences en général, ou, ce qui est

mieux encore dans l'état des choses, l'avancement de quelques branches spéciales, rien n'a-t-il plus contribué au développement des connaissances humaines que la publication des journaux scientifiques. Il n'est pas en Europe une nation qui n'en compte plusieurs, et la rapide, générale circulation de ces écrits met les observateurs de tous les pays en communication intime de procédés et de méthodes. Chacun sait le sujet qu'a traité son confrère, et les résumés qu'ils renferment de temps à autre des plus importantes recherches que chaque jour voit consigner dans les volumineuses collections académiques, donnent un aperçu de ce qui a été fait et de ce qui reste à faire; ces sortes de revues qui paraissent de temps en temps ont une véritable influence sur les progrès futurs de chaque branche, influence tout à fait indépendante de la documentation qu'ils renferment. Quant aux traités élémentaires, il est superflu d'insister sur leur utilité, sur les avantages qu'ils ne peuvent manquer de produire dans l'avenir. Ce n'est qu'en groupant, en simplifiant, en analysant de la manière la plus convenable et la plus claire les connaissances acquises par ceux qui nous ont devancés, que ceux qui nous suivront pourront intégralement profiter du degré de progrès qui leur servira de point de départ.

16. « Quelles que soient les améliorations qui aient été récemment faites dans la confection des instruments, sous le rapport de la convenance, comme sous celui de l'exactitude, c'est, néanmoins, la découverte de *méthodes* mieux entendues qui a le plus contribué à l'avancement de ces branches de sciences qui sont fondées sur de rigoureuses déterminations. La balance de torsion, si heureusement imaginée par Coulomb et Cavendish, en est une preuve. Elle ne nous met pas seulement à même de rendre sensibles, elle nous permet encore de mesurer, de préciser des degrés de forces infiniment trop faibles pour affecter le moins du monde la balance ordinaire la plus délicate, lors même qu'il serait possible de la soumettre a leur action. Le galvanomètre nous offre un exemple de même espèce. C'est un

instrument qui sert à apprécier des forces électriques, qu'on n'a aucun autre moyen de constater, encore moins d'évaluer avec exactitude. On peut citer encore, dans la mesure de quantités moins petites, la méthode indiquée par Arago et Fresnel, pour mesurer les puissances réfractives des milieux transparents, au moyen des phénomènes de la diffraction. La précision, dans ce cas, n'a d'autres limites que celles que veut y mettre l'observateur; elle ne dépend que de la patience, du temps qu'il consacre à l'expérience. L'hygromètre de Daniell présente un bel exemple de la manière dont on doit diriger l'observation sur les points où l'on peut obtenir une information exacte, et des conclusions positives. Il fait voir comment on peut faire adopter un instrument qui substitue une indication fondée sur des principes rigoureux à une indication qui est purement arbitraire.

« Voilà les principaux moyens qui peuvent changer l'aspect de la physique. Il ne faut pas cependant oublier ces hasards heureux, ces circonstances imprévues qui viennent inopinément révéler des principes qu'on ne soupçonnait pas. Boyle a intitulé un de ses essais « Grande ignorance des usages des choses naturelles » ou « Il n'y a pas une chose dans la nature dont on connaisse toutes les applications à la vie humaine ». L'histoire des arts n'est que le développement de cette idée; les sciences prouvent chaque jour combien elle est juste. Les chances mêmes qui promettent ces heureuses découvertes, loin de s'épuiser, semblent croître sans mesure. Les phénomènes ordinaires, ceux qui passent incessamment sous nos yeux, ont été sans doute minutieusement étudiés; les principes qui sont saillants, qui se révèlent eux-mêmes, ont été signalés, consacrés dans nos systèmes de science, mais la plus grande partie des phénomènes naturels est encore inexpliquée : chaque découverte révèle des classes entières de faits qui sans elle seraient restés inaperçus. Elle établit ainsi des rapports qui ouvrent à l'esprit philosophique un champ qui ne fait que s'étendre et où il est impossible de ne pas rencontrer quelques principes nouveaux.

« Nous sommes arrivés dans un petit nombre de cas à des lois générales, d'où se déduisent des conséquences directes, et qui nous donnent les solutions des phénomènes physiques comme d'autant de problèmes dont nous avions les éléments. Nous avons atteint, dans un nombre de cas moindre encore, cet avantage du raisonnement abstrait qui est si nécessaire pour mener à terme une tâche si ardue. La science reste donc immense, inexplorée : après un siècle et demi qui s'est écoulé depuis les découvertes de Newton, et pendant lequel toutes les branches des connaissances humaines ont été cultivées avec un zèle et une énergie qui n'ont pas été sans succès, nous nous trouvons encore dans la situation où il se trouvait lui-même; nous sommes sur le bord d'un vaste océan; nous pouvons recueillir quelques-unes de ces productions si belles, si nombreuses, sans cesse poussées sur le rivage, et qui néanmoins ne s'épuisent jamais [1].

« Cette considération, loin d'affaiblir notre courage, doit le stimuler, lui donner une nouvelle énergie. Quel que soit l'état de ses connaissances, l'homme ne doit jamais craindre de risquer une tentative pour les accroître; il doit, au contraire, multiplier ses efforts et les renouveler sans cesse.

« Un aperçu de la science véritablement utile est celui qui ne voit, qui ne cherche dans les progrès qu'elle fait chaque jour, que les moyens d'arriver à des lois générales, de renfermer les notions acquises dans des généralisations d'un ordre plus élevé. Ce point de vue est d'autant plus précieux, qu'il représente la science telle qu'elle est véritablement, c'est-à-dire incomplète, hors d'état d'être entièrement fondue dans un système, ou embrassée par un seul esprit. Il ne faut pas perdre de vue, néanmoins, que, dans les limites où a été poussée l'expérience, on n'a pas fait un pas vers la généralisation qui n'ait été fait vers la simplification. Ce n'est que lorsque nous nous sommes égarés dans les détails,

1. Cette comparaison célèbre est de Newton lui-même.

ou quand nous sommes engagés dans de vaines tentatives, dans de difficiles essais d'application où le raisonnement ne pouvait plus nous servir de guide, que la nature nous est apparue obscure, compliquée. Mais du moment où nous parvenons à la voir telle qu'elle est, que nous parvenons à l'envisager d'un point qui permet d'en embrasser une partie, quelque faible qu'elle soit, nous sommes frappés de sa majestueuse simplicité sur laquelle l'esprit se repose avec la conviction qu'il a atteint la vérité [1].»

1. J. F. W. Herschel, *Discours sur l'étude de la philosophie naturelle*, III, 6. Trad. par B***, Paulin, éd., 1834 (Cette traduction ne suit pas toujours le texte de près; et même, dans le passage ci-dessus, nous avons dû prendre la liberté de rectifier quelques faux sens). — Il ne faut pas confondre John-Frédéric-William Herschel (1792-1871), baronnet, président de la Société Royale de Londres, avec son père, le célèbre astronome William Herschel (1738-1822), qui a découvert Uranus.

CHAPITRE II

CLASSIFICATION DES SCIENCES

Aristote et les Stoïciens; Bacon et l'*Encyclopédie*; Descartes; Ampère; — les classifications d'Auguste Comte, de H. Spencer, de Cournot, de M. Goblot. — Avantages d'une classification naturelle des connaissances humaines. — Utilité de la philosophie des sciences.

Les sciences.

17. Nous avons jusqu'à présent parlé de la science au singulier, en la considérant comme un tout, dont le but est toujours le même et dont toutes les parties s'enchaînent avec continuité. Tel est bien en effet l'idéal que nous devons nous en faire et que s'en sont fait tous les grands savants, Aristote comme Descartes, Leibniz comme Lavoisier. Mais il s'en faut de beaucoup que la réalité corresponde à ce parfait modèle. Le langage et l'expérience nous avertissent également que *la Science* est une abstraction, et qu'il n'existe jusqu'à présent que *des sciences* particulières, différant par leur objet, par leur point de vue, par leur méthode, et laissant entre elles des lacunes si profondes que de bons esprits désespèrent de pouvoir jamais les combler.

Par chacune de ces sciences nous mettons de l'ordre en quelque partie de nos connaissances. La géométrie nous guide dans les formes, la chimie dans les combinaisons des corps, la psychologie dans les phénomènes de la pensée: ainsi des autres. Mais quel ordre existe entre ces sciences elles-mêmes? — A mesure qu'elles se sont développées, isolées et précisées, les savants ont senti le besoin de les réunir dans une classification; et cette classification s'est naturellement compliquée à mesure que les éléments qu'elle coordonnait sont devenus plus nombreux et mieux définis.

18. Aristote admet une science fondamentale, la φιλοσοφία πρώτη, dont l'objet est la réalité dernière et l'essence immuable des choses. On l'appelle aujourd'hui métaphysique. A cette philosophie première sont subordonnées trois autres φιλοσοφίαι ou sciences : la *théorétique* ou spéculation, dont font partie les mathématiques, la physique, l'histoire naturelle; — la *pratique*, c'est-à-dire la morale; — et enfin la *poétique*, c'est-à-dire l'esthétique [1].

1. Le mot *philosophie*, créé, dit-on, par Pythagore, qui trouvait trop orgueilleux le terme de σοφία, a désigné d'abord tout le système des connaissances humaines, c'est-à-dire précisément ce qu'on nomme à présent la Science. Aristote, comme on le voit, le prend encore en ce sens; Bacon, Descartes, Leibniz font de même. Bien que de nos jours le terme de philosophie soit plutôt réservé aux sciences psychologiques et morales, on le trouve encore souvent employé avec son ancienne signification. Cela même est de règle en anglais où physique se traduit par *natural philosophy* et physicien par *natural philosopher*, *physician* au contraire voulant dire médecin (*Physicist* est de création récente). De là viennent encore les dominations classiques de « lampe philosophique » et de « pierre philosophale ».

Les stoïciens divisent la science en trois parties : la *physique*, science du monde; l'*éthique*, qui est notre morale; et la *logique*. Mais ils insistent fortement sur l'unité qui relie ces trois points de vue, soutenant qu'aucun d'eux n'est complet par lui-même : la science tout entière est comparable à un jardin fertile; la logique, ce sont les murs qui le défendent; la physique en est la terre féconde; les fruits qu'elle porte sont la morale [1].

19. Parmi les classifications des temps modernes, beaucoup n'ont plus qu'un intérêt historique. Celle de Bacon [2] est un programme, admirable pour son époque, en vue de constituer non-seulement le plan de la science, mais un inventaire de toutes les créations et les ressources de l'intelligence humaine; la science n'en est qu'une partie, celle qui relève essentiellement de la *raison* (de même que la poésie relève de l'*imagination* et l'histoire de la *mémoire* [3]). Elle ne peut être

1. Diogène Laerce, *Vie de Zénon*.

2. François Bacon, baron de Verulam, comte de Saint-Alban, grand chancelier d'Angleterre (1560-1626). Il avait entrepris un ouvrage intitulé *Instauratio magna scientiarium*, qui devait comprendre six parties : « *De Dignitate et Augmentis scientiarium*, *Novum Organum*, *Silva Silvarum*, *Scala Intellectus*, *Prodromi scientiæ*, *Philosophia secunda*. » Les deux premières parties ont été seules rédigées, et même avec quelques lacunes : de tout le reste, Bacon n'a écrit que des fragments.

3. Le mot *histoire*, pour Bacon, s'applique ainsi à toute la partie descriptive et documentaire des sciences. De là viennent des expressions comme « histoire naturelle », qui a été longtemps en usage, et qu'on rencontre encore aujourd'hui pour désigner la description des formes minérales, végétales, animales, qu'on peut observer dans la nature. L'*histoire* en ce sens, est tout ce qui est purement documentaire; la *science*, ce qui est explicatif.

bien comprise qu'à la condition d'être replacée dans son milieu et dans toute la philosophie de son auteur. Mais elle a exercé une grande influence sur les écrivains ultérieurs, particulièrement au XVIII[e] siècle, où elle a inspiré le tableau placé par Diderot et D'Alembert au début de leur grand « Dictionnaire raisonné des sciences, des arts, et des métiers », connu plus ordinairement sous le nom de *L'Encyclopédie* [1].

20. Descartes avait conçu le problème d'une autre manière; esprit essentiellement déductif, il tient surtout à ce que le savant ne perde pas de vue l'unité de la science et de la méthode : « Ces longues chaînes de « raisons toutes simples et faciles, dont les géomètres « ont coutume de se servir pour parvenir à leurs plus « difficiles démonstrations, m'avaient donné occasion « de m'imaginer que toutes les choses qui peuvent « tomber sous la connaissance de hommes s'entre- « suivent en même façon, et que pourvu seulement « qu'on s'abstienne d'en recevoir aucune pour vraie « qui ne le soit, et qu'on garde toujours l'ordre qu'il « faut pour les déduire les unes des autres, il n'y en

1. « *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, par une société de gens de lettres, mis en ordre par *Diderot* et quant à la partie mathématique par *d'Alembert.* » Vingt-huit volumes in-folio, cinq volumes de supplément, deux de table analytique. L'ouvrage entier a été publié de 1751 à 1780. Toutes les encyclopédies et tous les grands dictionnaires modernes, en France comme à l'étranger, se sont inspirés de cette œuvre magistrale. — Le tableau lui-même a été dressé par Diderot; la classification qu'il présente synthétiquement est commentée par d'Alembert dans le *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*, souvent édité séparément.

« peut avoir de si éloignées auxquelles enfin on ne « parvienne, ni de si cachées qu'on ne découvre » [1].

Mais dans cette immense déduction partant des premiers principes pour arriver par degrés au dernier détail des événements, on peut cependant distinguer des périodes successives : « La première partie de la philosophie est la métaphysique, qui contient les principes de la connaissance, entre lesquels est l'explication des principaux attributs de Dieu, de l'immortalité de nos âmes et de toutes les notions claires et simples qui sont en nous; la seconde est la physique, en laquelle, après avoir trouvé les vrais principes des choses matérielles, on examine en général comme tout l'univers est composé; puis en particulier quelle est la nature de cette terre et de tous les corps qui s'y trouvent, comme de l'air, de l'eau, du feu, de l'aimant, etc. Ensuite de quoi, il est aussi besoin d'examiner en particulier la nature des plantes, celle des animaux et surtout celle de l'homme, afin qu'on soit capable par après de trouver les autres sciences qui lui sont utiles. — Ainsi toute la philosophie est comme un arbre dont les racines sont la métaphysique; le tronc est la physique; et les branches qui sortent de ce tronc sont toutes les autres sciences, qui se réduisent à trois principales, la médecine, la mécanique et la morale; j'entends la plus haute et la plus parfaite morale, qui, présupposant une entière connaissance des autres sciences, est le plus haut degré de la sagesse [2]. »

1. DESCARTES (1596-1650), *Discours de la méthode*, 2[e] partie.
2. *Principes de la philosophie*, Préface.

21. Une autre classification dont on n'use plus guère de nos jours, mais qui est probablement la plus systématique de toutes, et qui a suggéré aux savants eux-mêmes beaucoup de points de vue utiles, est celle qu'a tentée Ampère[1] dans son cours de physique générale du Collège de France, et qu'il a exposée dans son *Essai sur la philosophie des sciences.*[2] L'originalité de son système consiste en ce qu'il n'a voulu ni partir d'une division des facultés de l'âme, ni se contenter d'un simple dénombrement empirique des sciences existantes. Il s'est placé sur le terrain de la critique et s'est demandé à combien de points de vue chacun des objets de notre connaissance pouvait être envisagé. Il en a trouvé quatre, qui sont, comme il dit lui-même, « la clef de sa classification » :

1° Le point de vue *autoptique*, ou simplement descriptif; ce que l'on voit d'un premier coup d'œil;

2° Le point de vue *cryptoristique*, qui consiste à découvrir ce qu'une première vue ne nous a pas montré en partant des données que nous fournit le précédent point de vue;

1. André-Marie Ampère (1775-1836), de l'Académie des sciences. Il fut successivement professeur de mathématiques à Lyon, répétiteur d'analyse à l'École polytechnique, professeur de physique générale au Collège de France, inspecteur général de l'Université. Sa biographie morale est des plus singulières; les bizarreries de son caractère et surtout ses distractions sont restées proverbiales. Parmi les nombreux travaux qu'il a produits sur les mathématiques, la physique et la chimie, le plus célèbre concerne la découverte des actions réciproques entre les courants et les aimants.

2. Le premier volume, qui donne le plan général, et étudie les sciences cosmologiques, a paru en 1834; le second consacré aux sciences noologiques, n'a été publié que plusieurs années après sa mort, en 1843.

3° Le point de vue *troponomique*, qui recherche les lois du changement dans les choses dont les deux premiers degrés n'ont considéré que les rapports statiques;

4° Et enfin le point de vue *cryptologique*, qui est au troisième point de vue ce que le second est au premier; analogie qu'exprime symboliquement la ressemblance même des noms.

Ainsi les deux grands objets de nos connaissances, la matière et l'esprit, donneront chacun naissance à quatre embranchements de sciences en les considérant à ces points de vue : la matière, aux sciences mathétiques, physiques, naturelles et médicales; l'esprit, aux sciences philosophiques, dialegmatiques [1], ethnologiques et politiques. Mais le trait le plus curieux de cette classification est que les quatre points de vue indiqués plus haut conviennent encore quand il s'agit de subdiviser chacun de ces grands embranchements. Ainsi les mathématiques donnent naissance à quatre sciences : Arithmologie, Géométrie, Mécanique, Uranologie, dans lesquelles il est aisé de reconnaître les formes autoptique, cryptoristique, troponomique, et cryptologique. Et ce n'est pas tout : chacune de ces divisions subordonnées peut encore, en la considérant sous ces quatre aspects, donner naissance à quatre subdivisions nouvelles, qui seront entre elles dans le même rapport; ainsi par exemple la Mécanique, qui est un quart des mathématiques, comprendra encore en elle-même la cinématique, la statique, la dynamique et la mécanique moléculaire. Par là se trouve établi dans le tableau de

1. Sciences ayant pour objet les arts et le langage.

notre connaissance le plus bel exemple d'*ordre analogique* [129] qu'il soit possible de concevoir; et cette considération a été d'un grand poids pour décider Ampère à l'adoption de ce système.

Le *tableau des connaissances humaines* placé à la fin de son ouvrage nous conduit donc jusqu'aux sciences de troisième ordre, qui sont, pour la raison que nous venons de voir, au nombre de $2 \times 4 \times 4 \times 4$, ou 128. On peut le résumer en négligeant la subdivision de troisième ordre, ce qui permet d'en mieux saisir l'ensemble.

A. Sciences cosmologiques. (*Mundus* [1].)		**B. Sciences noologiques.** (*Mens.*)	
I. Mathématiques	1. Arithmologie [2] 2. Géométrie 3. Mécanique 4. Uranologie	I. Philosophiques	1. Psychologie 2. Métaphysique 3. Ethique 4. Thélésiologie [6]
II. Physiques	1. Physique générale 2. Technologie [3] 3. Géologie 4. Oryctotechnie [4]	II. Dialegmatiques	1. Glossologie 2. Littérature 3. Technesthétique [7] 4. Pédagogie
III Naturelles	1. Botanique 2. Agriculture 3. Zoologie 4. Zootechnie [5]	III. Ethnologiques	1. Ethnologie 2. Archéologie 3. Histoire 4. Hiérologie [8]
IV. Médicales	1. Physique médicale 2. Hygiène 3. Nosologie 4. Médecine pratique	IV. Politiques	1. Nomologie 2. Art militaire 3. Économie sociale 4. Politique

1. Ce sont les termes mêmes d'Ampère dans le *Carmen mnemonicum* qui accompagne le tableau et qui résume en vers latins toute sa classification. Il est dédié *Optimo et carissimo filio.*

2. Terme inventé par Ampère, comme plusieurs de ceux qui figurent dans ce tableau. Cette science comprend, pour ses quatre subdivisions, l'*arithmographie*, l'*analyse* (ou *algèbre*), la *théorie des fonctions* et le *calcul des probabilités.*

3. Science des arts industriels.

4. Science des mines.

5. Emploi et élevage des animaux.

6. Morale *normative* [94], opposée à la morale purement descriptive, désignée ici sous le nom d'Ethique.

7. Cette science d'ordinaire est appelée simplement Esthétique.

8. Histoire des religions.

22. Cette classification, par l'exacte symétrie qu'elle établit entre les soixante-quatre sciences cosmologiques et les soixante-quatre sciences noologiques, paraît fort artificielle, et l'est certainement jusqu'à un certain point. Ampère lui-même n'a pas achevé l'exposition des sciences qui concernent l'esprit. Il ne faudrait pas pourtant croire que son œuvre de classificateur ait été un simple jeu d'esprit; elle a donné lieu à d'utiles réformes, et même à des découvertes. Le détail de sa *Philosophie des sciences* contient d'ailleurs, à propos des différentes connaissances qu'il passe en revue, des études intéressantes et des aperçus très féconds. Il n'est pas de savant, depuis Bacon, qui ait eu au même degré le talent de faire surgir des points de vue nouveaux. Cela est d'une grande importance. Ce qui empêche le plus communément la science d'avancer, c'est qu'on ne sait où se prendre et dans quel sens diriger ses recherches. L'idée d'une expérience à faire, quand elle est juste, est plus estimable que l'expérience elle-même; un problème bien posé est aux trois quarts résolu : « Il n'y a plus, disait Pascal, qu'à tourner la manivelle ». La première des choses est d'avoir des idées, fussent-elles un peu trop systématiques; et Ampère à cet égard occupe un des premiers rangs.

23. Nous entrons vraiment dans les classifications encore vivantes et usuelles avec celle d'Auguste Comte qui a le mérite et les défauts d'une grande simplicité. Pour lui les sciences fondamentales, « abstraites », c'est-à-dire celles qui visent à déterminer des lois, peuvent être rangées en une série rectiligne où elles

se suivent à la fois par ordre de *complexité* croissante et de *généralité* décroissante. Cette série ainsi constituée, présente, selon lui, plusieurs autres propriétés, notamment d'énumérer les sciences dans l'ordre où elles sont devenues « positives », dans l'ordre où chacune suppose les précédentes et n'est pas supposée par elles, enfin, et par conséquent, dans l'ordre où il convient de les étudier.

En voici le tableau, d'après le *Cours de philosophie positive* (1830-1842) qui est une revue détaillée de ces sciences, des parties qu'elles comprennent, des idées sur lesquelles elles reposent, et des méthodes qu'elles emploient. Cette classification résulte, pour les cinq premières divisions, de la simple observation des sciences déjà constituées; la dernière anticipe au contraire sur les études positives qui, dans la pensée d'Auguste Comte, restaient à organiser.

	Mathématiques	I
Physique inorganique	*Astronomie* (ou Mécanique céleste)	II
	Physique (proprement dite)	III
	Chimie	IV
Physique organique	individuelle : *Biologie*[1]	V
	sociale : *Sociologie*	VI

« Une première contemplation de l'ensemble des phénomènes naturels nous porte à les diviser d'abord en deux grandes classes principales, la première comprenant tous les phénomènes des corps bruts, la seconde tous ceux des corps organisés.

1. C'est à ce terme (dû à Lamarck) que s'est arrêté finalement Auguste Comte, après avoir d'abord employé, comme on le verra dans les textes suivants, l'expression trop étroite de *physiologie*. De même *physique sociale* a été remplacé par *sociologie*, pour des raisons exposées dans la 47e leçon du *Cours*.

« Ces derniers sont évidemment, en effet, plus compliqués et plus particuliers que les autres; ils dépendent des précédents, qui, au contraire, n'en dépendent nullement. De là la nécessité de n'étudier les phénomènes physiologiques qu'après ceux des corps inorganiques. De quelque manière qu'on explique les différences de ces deux sortes d'êtres, il est certain qu'on observe dans les corps vivants tous les phénomènes, soit mécaniques, soit chimiques, qui ont lieu dans les corps bruts, plus un ordre tout spécial de phénomènes, les phénomènes vitaux proprement dits, ceux qui tiennent à l'*organisation*.

« Sans doute les idées ne sont pas encore suffisamment fixées sur la manière générale de concevoir les phénomenes des corps vivants. Mais, quelque parti qu'on puisse prendre à cet égard par suite des progrès ultérieurs de la philosophie naturelle, la classification que nous établissons n'en saurait être aucunement affectée. En effet, regardât-on comme démontré, ce que permet à peine d'entrevoir l'état présent de la physiologie, que les phénomènes physiologiques sont toujours de simples phénomènes mécaniques, électriques [1] et chimiques, modifiés par la structure et la composition propres aux corps organisés, notre division fondamentale n'en subsisterait pas moins, car il reste toujours vrai, même dans cette hypothèse, que les phénomènes généraux doivent être étudiés avant de procéder à l'examen des modifications spéciales qu'ils éprouvent dans certains êtres de l'univers. Ainsi, la division qui est aujourd'hui fondée, dans la plupart des esprits éclairés, sur la diversité des lois, est de nature à se maintenir indéfiniment à cause de la subordination des phénomènes et par suite des études,

1. La suite de la pensée appellerait ici le mot de *physiques* plutôt que celui d'*électriques*. Mais les premières découvertes sur l'électricité ont tellement frappé les esprits, que beaucoup de gens l'ont immédiatement assimilée à l'action nerveuse, comme on a fait de tout temps pour les phénomènes qui semblaient le plus subtils, tels que le souffle (ψυχή, *spiritus*), le feu, la flamme, etc. La même pensée se trouve dans les *esprits animaux* de Descartes, qui sont les parties les plus légères du sang, séparées par une sorte de distillation dans le cœur.

quelque rapprochement qu'on puisse jamais établir solidement entre les deux classes de corps.

« Ce n'est pas ici le lieu de développer, dans ses diverses parties essentielles, la comparaison générale entre les corps bruts et les corps vivants, qui sera le sujet spécial d'un examen approfondi dans la section physiologique de ce cours. Il suffit, quant à présent, d'avoir reconnu, en principe, la nécessité logique de séparer la science relative aux premiers de celle relative aux seconds, et de ne procéder à l'étude de la *physique organique* qu'après avoir établi les lois générales de la *physique inorganique*.

« Passons maintenant à la détermination de la sous-division principale dont est susceptible, d'après la même règle, chacune de ces deux grandes moitiés de la philosophie naturelle.

« I. Pour la physique inorganique, nous voyons d'abord en nous conformant toujours à l'ordre de généralité et de dépendance des phénomènes, qu'elle doit être partagée en deux sections distinctes, suivant qu'elle considère les phénomènes généraux de l'univers, ou, en particulier, ceux que présentent les corps terrestres. D'où la physique céleste, ou l'*astronomie*, soit géométrique, soit mécanique; et la physique terrestre. La nécessité de cette division est exactement semblable à celle de la précédente.

« La physique terrestre, à son tour, se sous-divise, d'après le même principe, en deux portions très distinctes, selon qu'elle envisage les corps sous le point de vue mécanique, ou sous le point de vue chimique. D'où la *physique* proprement dite et la *chimie*. Celle-ci, pour être conçue d'une manière vraiment méthodique, suppose évidemment la connaissance préalable de l'autre, car tous les phénomènes chimiques sont nécessairement plus compliqués que les phénomènes physiques; ils en dépendent sans influer sur eux. Chacun sait, en effet, que toute action chimique est soumise d'abord à l'influence de la pesanteur, de la chaleur, de l'électricité, etc., et présente, en outre, quelque chose de propre qui modifie l'action des agents précédents. Cette

considération, qui montre évidemment la chimie comme ne pouvant marcher qu'après la physique, la présente en même temps comme une science distincte. Car, quelque opinion qu'on adopte relativement aux affinités chimiques, et quand même on ne verrait en elles, ainsi qu'on peut le concevoir, que des modifications de la gravitation générale produites par la figure et par la disposition mutuelle des atomes, il demeurerait incontestable que la nécessité d'avoir continuellement égard à ces conditions spéciales ne permettrait point de traiter la chimie comme un simple appendice de la physique. On serait donc obligé, dans tous les cas, ne fût-ce que pour la facilité de l'étude, de maintenir la division et l'enchaînement que l'on regarde aujourd'hui comme tenant à l'hétérogénéité des phénomènes.

« Telle est donc la distribution rationnelle des principales branches de la science générale des corps bruts. Une division analogue s'établit, de la même manière, dans la science générale des corps organisés.

« II. Tous les êtres vivants présentent deux ordres de phénomènes essentiellement distincts, ceux relatifs à l'individu, et ceux qui concernent l'espèce, surtout quand elle est sociable. C'est principalement par rapport à l'homme que cette distinction est fondamentale. Le dernier ordre de phénomènes est évidemment plus compliqué et plus particulier que le premier; il en dépend sans influer sur lui. De là, deux grandes sections dans la physique organique, la *physiologie* proprement dite et la *physique sociale*, qui est fondée sur la première.

« Dans tous les phénomènes sociaux, on observe d'abord l'influence des lois physiologiques de l'individu, et, en outre, quelque chose de particulier qui en modifie les effets, et qui tient à l'action des individus les uns sur les autres, singulièrement compliquées, dans l'espèce humaine, par l'action de chaque génération sur celle qui la suit. Il est donc évident que, pour étudier convenablement les phénomènes sociaux, il faut d'abord partir d'une connaissance approfondie des lois relatives à la vie individuelle. D'un autre côté,

« Mais s'il s'agit seulement de communiquer aux autres une démonstration que l'on connaît, on saura de quelle proposition admise il faut partir, et quelles sont celles qu'on en doit déduire successivement. Le seul inconvénient, dans ce cas, consiste en ce que celui qu'on instruit est conduit en quelque sorte à l'aveugle, et sans se rendre compte si les pas qu'on lui fait faire le rapprochent ou l'éloignent de son but [1]. »

64. L'analyse et la synthèse présentent chacune des avantages et des inconvénients.

S'il s'agit de démontrer un théorème ou de résoudre un problème donnés, la synthèse ne sait par où commencer. « On pourrait faire une multitude d'essais infructueux, et le hasard seul conduirait au but, à moins cependant qu'on n'aperçût une certaine dépendance éloignée entre le problème d'où l'on part et le proposé: et alors ce serait simplement une analyse imparfaite. » D'autre part, même s'il ne s'agit que d'enseigner ce que l'on a déjà découvert, « la synthèse a le défaut de ne pas donner la raison qui a fait choisir le point de départ, ainsi que chacune des conséquences successives. La mémoire y joue un grand rôle : on apprend plus difficilement et on retient moins bien. »

Mais il faut ajouter à l'avantage de la synthèse (ce que Duhamel ne montre pas assez) qu'elle fait beaucoup mieux voir l'ordre naturel dans lequel les propositions s'engendrent l'une l'autre; qu'elle a l'avantage de nous faire commencer par les propositions les plus simples pour nous élever graduellement aux plus compliquées. De sorte que, par exemple, il serait impossible

1. Duhamel, *Des Méthodes*, 1re partie, chap. vi.

de renverser l'ordre synthétique habituellement suivi dans les traités d'algèbre ou de géométrie; personne n'arriverait à comprendre les mathématiques si l'on commençait par les théorèmes les plus compliqués, pour les réduire peu à peu par analyse aux propositions les plus simples.

De plus, le vrai peut se déduire du faux, tandis que le faux ne peut pas se déduire du vrai. En effet, une proposition fausse peut contenir et contient souvent une part de vérité; l'application qu'on en fait pouvant tomber par hasard dans cette part de vérité sera juste, quoique logiquement déduite d'un principe faux. L'analyse exigera donc des précautions très délicates si l'on veut éviter de juger vraie une proposition, uniquement parce qu'on en peut tirer une conclusion qui est vraie. Duhamel lui-même est obligé de donner pour prévenir ce paralogisme des règles assez compliquées, qui remplissent presque tout un chapitre de son ouvrage. Au contraire, la synthèse n'est pas sujette à cet inconvénient, et présente par conséquent de moindres chances d'erreur. Elle sera donc *toujours* au moins une excellente et très utile vérification de l'analyse. « L'art consiste à employer le mieux possible ces deux méthodes, sans s'attacher exclusivement à l'une ou à l'autre; et il ne faut pas perdre de vue que, n'ayant d'autre objet que d'aider l'esprit humain, elles doivent se plier un peu à ses faiblesses, et le rebuter le moins possible [1]. »

1. Cette citation et les précédentes sont tirées des *Méthodes dans les sciences de raisonnement*, 1re partie, chap. vi.

cette subordination nécessaire entre les deux études ne prescrit nullement, comme quelques physiologistes du premier ordre ont été portés à le croire, de voir dans la physique sociale un simple appendice de la physiologie. Quoique les phénomènes soient certainement homogènes, ils ne sont point identiques, et la séparation des deux sciences est d'une importance vraiment fondamentale. Car il serait impossible de traiter l'étude collective de l'espèce comme une pure déduction de l'étude de l'individu, puisque les conditions sociales qui modifient l'action des lois physiologiques sont précisément alors la considération la plus essentielle. Ainsi, la physique sociale doit être fondée sur un corps d'observations directes qui lui soit propre, tout en ayant égard, comme il convient, à son intime relation nécessaire avec la physiologie proprement dite.

« En résultat de cette discussion, la philosophie positive se trouve donc naturellement partagée en cinq sciences fondamentales, dont la succession est déterminée par une subordination nécessaire et invariable, fondée, indépendamment de toute opinion hypothétique, sur la simple comparaison approfondie des phénomènes correspondants : c'est l'*astronomie*, la *physique*, la *chimie*, la *physiologie* et enfin la *physique sociale*. La première considère les phénomènes les plus généraux, les plus simples, les plus abstraits et les plus éloignés de l'humanité; ils influent sur tous les autres, sans être influencés par eux. Les phénomènes considérés par la dernière sont au contraire les plus particuliers, les plus compliqués, les plus concrets et les plus directement intéressants pour l'homme; ils dépendent plus ou moins de tous les précédents sans exercer sur eux aucune influence. Entre ces deux extrêmes, les degrés de spécialité, de complication et de personnalité des phénomènes vont graduellement en augmentant, ainsi que leur dépendance successive. Telle est l'intime relation générale que la véritable observation philosophique, convenablement employée, et non de vaines distinctions arbitraires, nous a conduit à établir entre les différentes sciences fondamentales.

24. « Afin de compléter l'exposition générale du plan de ce cours, il me reste maintenant à considérer une lacune immense et capitale, que j'ai laissée à dessein dans ma formule encyclopédique, et que le lecteur a sans doute déjà remarquée. En effet, nous n'avons point marqué dans notre système scientifique le rang de la science *mathématique*.

« Le motif de cette omission volontaire est dans l'importance même de cette science, si vaste et si fondamentale. Car la leçon prochaine sera entièrement consacrée à la détermination exacte de son véritable caractère général, et par suite à la fixation précise de son rang encyclopédique. Mais, pour ne pas laisser incomplet, sous un rapport aussi capital, le grand tableau que j'ai tâché d'esquisser dans cette leçon, je dois indiquer ici sommairement, par anticipation, les résultats généraux de l'examen que nous entreprendrons dans la leçon suivante.

« Dans l'état actuel du développement de nos connaissances positives, il convient, je crois, de regarder la science mathématique moins comme une partie constituante de la philosophie naturelle proprement dite, que comme étant, depuis Descartes et Newton, la vraie base fondamentale de toute cette philosophie; quoique, à parler exactement, elle soit à la fois l'une et l'autre. Aujourd'hui, en effet, la science mathématique est bien moins importante par les connaissances, très réelles et très précieuses néanmoins, qui la composent directement, que comme constituant l'instrument le plus puissant que l'esprit humain puisse employer dans la recherche des lois des phénomènes naturels.

« Il est, du reste, évident qu'en plaçant ainsi la science mathématique à la tête de la philosophie positive, nous ne faisons qu'étendre davantage l'application de ce même principe de classification, fondé sur la dépendance successive des sciences en résultat du degré d'abstraction de leurs phénomènes respectifs, qui nous a fourni la série encyclopédique établie dans cette leçon. Nous ne faisons maintenant que restituer à cette série son véritable premier terme, dont

l'importance propre exigeait un examen spécial plus développé. On voit, en effet, que les phénomènes géométriques et mécaniques sont, de tous, les plus généraux, les plus simples, les plus abstraits, les plus irréductibles et les plus indépendants de tous les autres, dont ils sont, au contraire, la base. On conçoit pareillement que leur étude est un préliminaire indispensable à celle de tous les autres ordres de phénomènes. C'est donc la science mathématique qui doit constituer le véritable point de départ de toute éducation scientifique rationnelle, soit générale, soit spéciale, ce qui explique l'usage universel qui s'est établi depuis longtemps à ce sujet, d'une manière empirique, quoiqu'il n'ait eu primitivement d'autre cause que la plus grande ancienneté relative de la science mathématique[1]. »

25. En passant en revue les principaux auteurs qui ont essayé de classer les sciences, on ne peut omettre Herbert Spencer. Dans un ouvrage intitulé *Classification des sciences*, et dont les deux premiers chapitres sont en effet consacrés à ce sujet, il critique vivement le plan adopté par Auguste Comte et présente sa propre classification en trois tableaux très touffus et très complexes, heureusement accompagnés d'une vue synoptique qui les résume ainsi[2] :

La science est
- celle qui traite des formes sous lesquelles les phénomènes nous apparaissent : Science *abstraite* — Logique et Mathématiques.
- celle qui traite des phénomènes eux-mêmes étudiés
  - dans leurs éléments : Science *abstraite-concrète* — Mécanique. Physique. Chimie, etc.
  - dans leur ensemble : Science *concrète* — Astronomie. Géologie. Biologie. Psychologie. Sociologie, etc.

1. Auguste Comte, *Philosophie positive*, I, 2.
2. Herbert Spencer, *Classification des sciences*, I, 1.
3. *Ibid.*, 1, 6.

Le trait dominant de cette classification est de soutenir, contre Auguste Comte, qu'il existe des sciences concrètes, non pas dans certaines de leurs applications, mais essentiellement et par nature. « C'est une vérité générale, dit Herbert Spencer, que les planètes tournent autour du soleil de l'ouest à l'est, vérité dont nous avons des exemples sous les yeux; mais cette vérité n'est point du tout abstraite, puisque dans tous les cas elle se réalise pour nous dans un phénomène concret. Tous les oiseaux et les mammifères ont le sang chaud; voilà une vérité générale, mais concrète, car chaque oiseau vivant nous offre un type parfait de son espèce en tant qu'elle est considérée comme race à sang chaud. » La chaleur du sang de chaque animal est sans doute une chose concrète, mais la formule générale qui énonce cette vérité n'en demeure pas moins abstraite, puisqu'elle ne tient compte d'aucun des détails qui séparent les uns des autres les animaux de cette espèce. Toute loi a des applications particulières, concrètes, tombant sous nos sens; mais si cela suffisait à faire que la loi elle-même fût concrète, de quelle science n'en pourrait-on pas dire autant? Les mathématiques sont abstraites selon M. Spencer; et cependant l'égalité du côté de l'hexagone et de son rayon ne tombe-t-elle pas sous nos sens dans chaque hexagone particulier que nous traçons? Dira-t-on pour cela que la géométrie est une science concrète? Non sans doute; il faudra donc reconnaître que les autres sciences ne le sont pas davantage, à moins

1. M. H. Spencer, *Classification des sciences*, I.

d'entendre par abstrait ce qui est rigoureux, et par concret ce qui ne l'est pas, comme semble le faire l'auteur de la *Classification des sciences*. Mais ce serait là altérer d'une façon singulièrement arbitraire le sens d'un terme défini par un long usage, et qu'Auguste Comte emploie d'une manière beaucoup plus légitime en identifiant avec tous les savants et les logiciens l'abstrait aux lois, le concret aux objets particuliers qui les réalisent.

26. Cette distinction entre les différents ordres de sciences a été présentée sous une forme très intéressante par Cournot[1]. Admettant à peu près la même série qu'Auguste Comte pour les sciences purement théoriques, il a complété le tableau des études auxquelles on attribue d'ordinaire ce nom, en y ajoutant deux autres séries parallèles, qui correspondent terme à terme avec la première[2]. La seconde contient la description des choses telles qu'elles se trouvent être dans le monde (*cosmos*), tout ce que Bacon rangeait sous le nom d'*histoire*, au sens très large que nous avons fait remarquer plus haut [19]; la troisième contient « les connaissances qui n'ont été réunies en un corps de doctrine que dans un but technique ou pratique[3] », comme par exemple la médecine; elles sont plus que de simples applications, des annexes de la science

1. Augustin Cournot (1801-1877), Inspecteur général de l'enseignement, auteur de plusieurs ouvrages de mathématiques, d'économie politique, de philosophie des sciences.

2. Cournot, *Essai sur les fondements de nos connaissances*, ch. XXII.

3. *Ibid.*, p. 508.

théorique, puis qu'elles forment un tout organisé et occupant l'activité permanente de certains travailleurs intellectuels; mais d'autre part il est évident qu'elles n'ont pas le caractère des sciences dont le seul but est la connaissance de la vérité.

Voici, un peu abrégé, le tableau de Cournot; certaines localisations pourront sembler discutables, et lui-même le reconnaît; mais l'intérêt en est surtout dans le dessein général de cette coordination des connaissances humaines.

Série théorique.	*Série cosmologique et historique.*	*Série technique ou pratique.*
I. Sciences mathématiques.		
Arithmétique élémentaire. Théorie des nombres, des combinaisons, des probabilités. Algèbre. Théorie des fonctions. Géométrie. Mécanique rationnelle.	[Rien].	Calcul. Métrologie. Géodésie. Stéréotomie. Mécanique industrielle. Hydraulique. Navigation.
II. Sciences physiques et cosmologiques.		
Physique proprement dite. Physico-chimie. Chimie.	Astronomie. Physique du globe. Géologie. Géographie physique. Minéralogie.	Mesure du Temps; calendrier. Arts de l'ingénieur. Physique et chimie industrielles. Architectonique. Métallurgie.
III. Sciences biologiques et histoire naturelle proprement dite.		
Anatomie, physiologie, embryogénie, tératologie (animales, végétales, humaines). Psychologie empirique.	Botanique. Zoologie. Paléontologie. Anthropologie. Ethnologie; Linguistique.	Agronomie. Elevage des animaux, etc. Sciences médicales. Pédagogie.

(*Suite*)

Série théorique.	*Série cosmologique et historique.*	*Série technique ou pratique.*
IV. Sciences noologiques et symboliques.		
Idéologie. [*Sic*, dans cet ordre]. Logique. Esthétique. Théologie naturelle. Ethique.	Philologie. Mythologie. Symbolique religieuse. Théologie dogmatique. Ethographie.	Mnémonique. Grammaire, rhétorique. Musique. Arts plastiques. Monuments et rites religieux. Casuistique. Droit naturel.
V. Sciences politiques et histoire proprement dite.		
Théorie des institutions religieuses, politiques, administratives, juridiques, militaires. Statistique. Chrématologie (théorie des richesses).	Archéologie, chronologie. Géographie politique. Histoire religieuse, politique, militaire, etc. Biographie. Bibliographie.	Législation. Jurisprudence. Droit international, ecclésiastique, administratif, civil, etc. Science du commerce, des finances, etc.

27. On peut rapprocher de la conception de Cournot celle qui a été exposée par M. Goblot, d'abord dans son remarquable *Essai sur la classification des Sciences* (1898), et plus récemment, sous une forme un peu modifiée et plus accessible, dans un ouvrage intitulé plus précisément *Le Système des Sciences* (1922). Il les divise en trois groupes : les sciences mathématiques, qui sont celles dans lesquelles le procédé déductif [86] est assez développé pour qu'on ne sente plus le besoin de faire aucune expérience; ce sont l'arithmétique, l'algèbre et l'analyse, qui forment une première subdivision très homogène; puis la géométrie, qui exige une intuition spatiale, si réduite qu'on fasse la part à cette intuition; enfin la mécanique rationnelle, qui introduit d'autre concepts expérimentaux, mais qui

les traite, elle aussi, d'une manière purement déductive. — Un second groupe est formé par les sciences de la nature qui ne mettent pas en jeu la notion de la vie : physique et chimie (dont la frontière tend actuellement à s'effacer); ce sont des sciences du réel, et non pas seulement comme les précédentes, du possible. — Le dernier groupe peut être appelé *bio-psycho-sociologie*, car il comprend toutes ces sciences, logiquement inséparables; elles sont unies, dit-il, par leur caractère commun de considérer des faits vitaux, et d'user des notions de fonction et de finalité, cette dernière entendue, comme l'auteur a montré qu'il est possible de le faire, en un sens aussi positif que la notion de causalité. — Chacun de ces deux derniers groupes comprend, ainsi que l'avait déjà fait remarquer Cournot : 1° une science pure et théorique, construction d'un système conceptuel relatif à l'ordre d'études dont il s'agit, et qui tend de plus en plus vers la forme déductive; 2° des sciences de faits, qui étudient les réalités correspondantes dans leur variété, leur répartition géographique, leur histoire; 3° des « sciences pratiques ou arts » (des techniques); c'est là qu'il faut ranger, d'après M. Goblot, ce que Wundt a nommé sciences normatives [91], dans la mesure du moins où elles présentent un caractère de savoir et d'objectivité.

28. On pourrait multiplier considérablement la liste de ces systèmes de classification des sciences; ils ont été nombreux, non seulement en France, mais dans presque tous les pays qui participent au mouvement philosophique, et il en paraît encore fréquemment, qui

ne manquent pas d'intérêt : car la conception du but et du système des sciences est une question philosophique de premier ordre. Ampère en a marqué certains aspects d'une manière très vigoureuse dans l'ouvrage que nous avons déjà mentionné[1]; voici cette analyse, souvent citée par les auteurs qui l'ont suivi :

Avantages d'une classification naturelle des connaissances humaines.

« Les nombreux essais qu'on a faits jusqu'ici pour classer les sciences, prouvent combien l'on sentait l'importance d'une telle classification. J'ai dit plus haut pourquoi ces tentatives ont eu en général si peu de succès, pourquoi elles ont si peu servi aux progrès des sciences. Mais il n'en serait pas ainsi d'une classification fondée sur la nature même des choses et de l'intelligence humaine; elle présenterait de grands avantages, dont plusieurs frappent au premier aperçu.

« Tout le monde voit qu'une classification vraiment naturelle des sciences devrait servir de type pour régler convenablement les divisions en classes et sections d'une société de savants qui, se partageant entre eux l'universalité des connaissances humaines, voudraient que sciences mathématiques, physiques, morales et politiques, histoire, procédés des arts, etc., rien ne fût étranger à leurs travaux.

« Qui ne voit également que la disposition la plus convenable d'une grande bibliothèque, et le plan le plus avantageux d'une bibliographie générale, ou même d'un catalogue de livres plus restreint, serait encore le résultat d'une bonne classification de nos connaissances? que c'est à elle d'indiquer la meilleure distribution des objets d'enseignement et le nombre des cours, soit dans les établissements destinés à l'instruction commune, soit dans les écoles supérieures?

« Et si l'on voulait composer une encyclopédie vraiment méthodique, où toutes les branches de nos connaissances fussent enchaînées, au lieu d'être dispersées par l'ordre alphabétique dans un ou plusieurs dictionnaires, le plan de cet ouvrage ne serait-il pas tout tracé dans une classification naturelle des sciences? Quel avantage pour l'auteur de pouvoir éviter la confusion et les redites, et pour le lecteur de trouver ces sciences tellement graduées, qu'il n'eût, autant qu'il est possible, jamais besoin, pour comprendre celle qu'il étudie, de recourir à celles qui viennent après!

« Il est d'autres avantages peut-être moins apparents, mais non moins réels. On sait comment, en général, les sciences se sont faites : trop souvent le hasard a présidé à leur formation. Ceux qui ont cherché à réunir les vérités relatives à un objet pour en former des sciences, n'ont pas toujours su ou embrasser cet objet, ou s'y borner; ils ont rarement songé à chercher les rapports des vérités dont ils s'occupaient avec l'ensemble des connaissances humaines. De là tant de sciences dont les limites sont mal tracées; par exemple, pour séparer l'algèbre de l'arithmétique, au lieu de s'attacher au caractère essentiel fondé sur la nature même des opérations, qui ne change réellement que lorsqu'on arrive aux équations, on n'a eu égard qu'à un caractère artificiel, la différence des signes par lesquels les grandeurs sont représentées. De même la cristallographie a été mal à propos associée à la minéralogie; car, concernant également tous les corps, produits de la nature ou de l'art, qui présentent des formes déterminées, c'est une science purement géométrique, et qui ne s'applique à la minéralogie, bornée aux corps que la nature nous offre tout formés, que comme les autres branches des mathématiques s'appliquent

1. Je dis certains aspects, car la possibilité d'une *classification naturelle*, telle qu'il l'entend, a été mise en doute depuis lors. Voir notamment dans les *Comptes rendus* du Congrès de philosophie de 1900, tome III, la communication de G. Vailati sur *Les difficultés qui s'opposent à une classification rationnelle des sciences*. Il conclut qu'au lieu de chercher une classification unique et parfaite, il vaut mieux adopter suivant les cas diverses classifications, appropriées aux divers buts qu'on peut se proposer.

elles-mêmes aux sciences physiques et naturelles. La minéralogie, de son côté, que l'usage réunit à la botanique et à la zoologie, sous le nom d'histoire naturelle, ne doit réellement être considérée que comme une partie de la géologie, ainsi que je le ferai voir en son lieu; dans les sciences médicales, les limites qui en séparent les diverses parties ont été fixées arbitrairement, et quelquefois même entièrement méconnues; on est allé, par exemple, jusqu'à prendre la matière médicale et la thérapeutique pour une seule et même science, comme si connaître les propriétés générales des médicaments était la même chose que de savoir les appliquer convenablement à chaque maladie. La confusion est plus grande encore dans les sciences philosophiques; les divers noms donnés à leurs subdivisions ont été pris dans des acceptions toutes différentes, selon les systèmes divers des auteurs; en sorte, par exemple, qu'une science qui, selon les uns, n'est qu'une branche d'une autre, devient, suivant d'autres philosophes, la science générale dont cette dernière fait partie.

« Une distribution plus naturelle des sciences, si elle était admise dans l'enseignement public, contribuerait certainement à le rendre plus méthodique et même plus facile à comprendre. Si j'ai atteint mon but, celui qui se proposerait de faire un cours sur une partie quelconque des connaissances humaines, ou de l'exposer dans un traité, trouverait dans la manière dont j'ai divisé les sciences du premier ordre en sciences du second et du troisième [24], une sorte de plan tout fait, pour disposer dans l'ordre le plus naturel les matières qu'il doit traiter dans son cours et dans son ouvrage. Voudrait-il embrasser tout l'ensemble d'une science du premier ordre, il verrait qu'il doit le distribuer en autant de parties séparées que cette science en contient du deuxième. S'il voulait, au contraire, se borner à une science du second, les sciences du troisième ordre qui y sont renfermées lui donneraient encore une division naturelle de son ouvrage. Mais c'est surtout dans ces établissements où l'enseignement supérieur est partagé entre plusieurs professeurs isolés, que

cette meilleure distribution des sciences serait utile, pour que rien ne fût omis, et que chaque cours fût renfermé dans ses limites naturelles.

« C'est ce que j'ai essayé de faire au Collège de France où, chargé du cours de physique, j'ai senti la nécessité de montrer les rapports de cette science avec les sciences voisines. Le grand intérêt qu'offraient ces rapprochements m'a entraîné plus loin, et j'ai conçu le plan d'un cours ou d'un ouvrage spécial dont je ne publie ici qu'une esquisse, mais qui, s'il existait, ne serait certainement pas sans influence sur les progrès ultérieurs des sciences.

« Et celui qui s'intéresse à ces progrès, et qui, sans former le projet insensé de les connaître toutes à fond, voudrait cependant avoir de chacune une idée suffisante pour comprendre le but qu'elle se propose, les fondements sur lesquels elle s'appuie, le degré de perfection auquel elle est arrivée, les grandes questions qui restent à résoudre; et pouvoir ensuite avec toutes ces notions préliminaires se faire une idée juste des travaux actuels des savants dans chaque partie, des grandes découvertes qui ont illustré notre siècle, de celles qu'elles préparent, etc., c'est dans ce cours ou dans l'ouvrage dont je parle que cet ami des sciences trouverait à satisfaire son noble désir.

« Il pourrait ensuite, et sans études spéciales, s'intéresser également aux discussions qui partagent les diverses écoles en histoire naturelle, en médecine, en philosophie, en littérature, en politique; comprendre et apprécier jusqu'à un certain point ce qu'il entend dans une séance académique, ce qu'il lit dans un journal ou dans un compte rendu des travaux d'une société savante; et lorsqu'il aurait le bonheur de se trouver avec ces hommes qui ont jeté un si grand éclat dans les sciences, retirer plus de fruit de leurs conversations instructives et profondes [1]. »

1. A.-M. Ampère, *Philosophie des sciences*, Introd., IV, Bachelier, éd., 1834 (Gauthier-Villars).

Utilité de la philosophie des sciences.

29. « Dans l'état primitif de nos connaissances, il n'existe aucune division régulière parmi nos travaux intellectuels; toutes les sciences sont cultivées simultanément par les mêmes esprits. Ce mode d'organisation des études humaines, d'abord inévitable et même indispensable, comme nous aurons lieu de le constater plus tard, change peu à peu, à mesure que les divers ordres de conceptions se développent. Par une loi dont la nécessité est évidente, chaque branche du système scientifique se sépare insensiblement du tronc, lorsqu'elle a pris assez d'accroissement pour comporter une culture isolée, c'est-à-dire quand elle est parvenue à ce point de pouvoir occuper à elle seule l'activité permanente de quelques intelligences. C'est à cette répartition des diverses sortes de recherches entre différents ordres de savants que nous devons évidemment le développement si remarquable qu'a pris enfin de nos jours chaque classe distincte des connaissances humaines et qui rend manifeste l'impossibilité, chez les modernes, de cette universalité de recherches spéciales, si facile et si commune dans les temps antiques....

« Mais tout en reconnaissant les prodigieux résultats de cette division, tout en voyant désormais en elle la véritable base fondamentale de l'organisation générale du monde savant, il est impossible, d'un autre côté, de n'être pas frappé des inconvénients capitaux qu'elle engendre dans son état actuel, par l'excessive particularité des idées qui occupent exclusivement chaque intelligence individuelle. — Ce fâcheux effet est sans doute inévitable jusqu'à un certain point, comme inhérent au principe même de la division: c'est-à-dire que par aucune mesure quelconque nous ne parviendrons jamais à égaler sous ce rapport les anciens, chez lesquels une telle supériorité tenait surtout au peu de développement de leurs connaissances. Nous pouvons néanmoins, ce me semble, par des moyens convenables, éviter

les plus pernicieux effets de la spécialité exagérée sans nuire à l'influence vivifiante de la spécialité des recherches. Il est urgent de s'en occuper sérieusement; car ces inconvénients, qui par leur nature tendent à s'accroître sans cesse, commencent à devenir très sensibles. De l'aveu de tous, les divisions, établies pour la plus grande perfection de nos travaux entre les diverses branches de la philosophie naturelle, sont finalement artificielles. N'oublions pas que nonobstant cet aveu, il est déjà bien petit dans le monde savant le nombre des intelligences embrassant dans leurs conceptions l'ensemble même d'une science unique, qui n'est cependant à son tour qu'une partie d'un grand tout. La plupart se bornent déjà entièrement à la considération isolée d'une section plus ou moins étendue d'une science déterminée sans s'occuper beaucoup de la relation de ces travaux particuliers avec le système général des connaissances....

30. « Le véritable moyen d'arrêter l'influence délétère dont l'avenir intellectuel semble menacé par suite d'une trop grande spécialisation des recherches individuelles, ne saurait être évidemment de revenir à cette antique confusion des travaux qui tendrait à faire rétrograder l'esprit humain, et qui est d'ailleurs aujourd'hui heureusement devenue impossible. Il consiste au contraire dans le perfectionnement de la division du travail elle-même. Il suffit en effet de faire de l'étude des généralités scientifiques une grande spécialité de plus. Qu'une classe nouvelle de savants, préparés par une éducation convenable, sans se livrer à la culture speciale d'aucune branche particulière de la philosophie naturelle, s'occupe uniquement en considérant les diverses sciences dans leur état actuel à *déterminer exactement l'esprit de chacune d'elles*, à découvrir *leurs relations et leur enchaînement*, à résumer, s'il est possible, tous leurs principes propres en un moindre nombre de *principes communs*, en se conformant sans cesse aux maximes fondamentales de la méthode positive. Qu'en même temps les autres savants, avant de se livrer à leurs spécialités respectives,

soient rendus aptes désormais par une éducation portant sur l'ensemble des connaissances positives, à profiter immédiatement des lumières répandues par les savants voués à l'étude des généralités, et réciproquement à vérifier leurs résultats, état de choses dont les savants actuels se rapprochent visiblement de jour en jour. Ces deux grandes conditions une fois remplies — et il est évident qu'elles peuvent l'être, — la division du travail dans les sciences sera poussée, sans aucun danger, aussi loin que le développement des divers ordres de connaissances l'exigera. Une classe distincte, incessamment contrôlée par toutes les autres, ayant pour fonction propre et permanente de lier chaque nouvelle découverte particulière au système général, on n'aura plus à craindre qu'une trop grande attention donnée aux détails empêche jamais d'apercevoir l'ensemble. En un mot, l'organisation moderne du monde savant sera dès lors complètement fondée et n'aura qu'à se développer indéfiniment, en conservant toujours le même caractère.

« Former ainsi de l'étude des généralités scientifiques une section distincte du grand travail intellectuel, c'est simplement étendre l'application du principe même de division qui a successivement séparé les divers spécialistes; car tant que les différentes sciences positives ont été peu développées, leurs relations mutuelles ne pouvaient avoir assez d'importance pour donner lieu, au moins d'une manière permanente, à une classe particulière de travaux; et en même temps la nécessité de cette nouvelle étude était bien moins urgente. Mais aujourd'hui chacune des sciences a pris séparément assez d'extension pour que l'examen de leurs rapports mutuels puisse donner lieu à des travaux suivis, en même temps que ce nouvel ordre d'études devient indispensable pour prévenir la dispersion des conceptions humaines [1]. »

1. Auguste Comte, *Cours de philosophie positive*, 1re leçon.

CHAPITRE III

LES SCIENCES MATHÉMATIQUES

Leur place dans la classification des sciences. — Définition et divisions. — Mathématiques pures : arithmologie, géométrie. — Sciences physico-mathématiques : mécanique, astronomie; calcul des probabilités. — Des algorithmes. — Des principes de la géométrie analytique. — Des principes du calcul infinitésimal. — Axiomes, définitions et démonstrations; règles de Pascal. — Analyse et synthèse mathématiques.

31. « C'est par les sciences mathématiques qu'il convient de commencer la série des connaissances humaines, parce que ce sont elles qui exigent pour point de départ et qui ont pour objet un plus petit nombre d'idées. De plus, on peut étudier les vérités dont elles se composent sans recourir aux autres branches de nos connaissances, et celles-ci leur empruntent, au contraire, de nombreux secours, tels par exemple que les calculs et les théorèmes sur lesquels s'appuient les sciences physiques et industrielles; la mesure des champs et le calendrier, si nécessaires à l'agriculture; la mesure précise des différents degrés de probabilité de celles de nos connaissances qui ne sont pas susceptibles d'une certitude complète, et les exemples les plus frappants de la diversité des méthodes que la philosophie doit examiner; la détermination des lieux et des temps, bases de la géographie et de l'histoire; et, parmi les sciences politiques, où

leurs applications sont si nombreuses, quels indispensables secours ne prêtent-elles pas surtout à toutes les parties de l'art militaire [1] ? »

32. « C'est à la simplicité de leur objet que les sciences mathématiques sont principalement redevables de leur certitude. Il faut même avouer que comme toutes les parties des mathématiques n'ont pas un objet également simple, aussi la certitude proprement dite, celle qui est fondée sur des principes nécessairement vrais et évidents par eux-mêmes, n'appartient ni également, ni de la même manière à toutes ces parties. Il n'y a, pour parler exactement, que celles qui traitent du calcul des grandeurs et des propriétés générales de l'étendue, c'est-à-dire l'Algèbre, la Géométrie et la Mécanique, qu'on puisse regarder comme marquées au sceau de l'évidence. Encore y a-t-il, dans la lumière que ces sciences présentent à notre esprit, une espèce de gradation et pour ainsi dire de nuance à observer. Plus l'objet qu'elles embrassent est étendu et considéré d'une manière générale et abstraite, plus aussi leurs principes sont exempts de nuages; c'est par cette raison que la Géométrie est plus simple que la Mécanique et moins simple que l'Algèbre. Ce paradoxe n'en sera point un pour ceux qui ont étudié ces sciences en philosophes; les notions les plus abstraites, celles que le commun des hommes regarde comme les plus inaccessibles, sont souvent celles qui portent avec elles une plus grande lumière. L'obscurité s'empare de nos idées à mesure que nous examinons dans un objet plus de propriétés sensibles. L'impénétrabilité ajoutée à l'idée de l'étendue semble ne nous offrir qu'un mystère de plus; la nature du mouvement est une énigme pour les physiciens; le principe métaphysique des lois de la percussion ne leur est pas moins caché; en un mot, plus ils approfondissent l'idée qu'ils se forment de la matière et des propriétés qui la représentent, plus cette idée s'obscurcit et paraît vouloir leur échapper [2]. »

1. A.-M. Ampère, *Philosophie des sciences*, I, 1.
2. D'Alembert (1717-1783), *Préface de l'Encyclopédie*, 11.

33. Bien que le mot de mathématiques présente dans son ensemble une signification assez nette, il est nécessaire pour en bien comprendre l'objet de distinguer les différentes parties dont se compose cette science.

On y distingue d'abord deux grands embranchements : les mathématiques proprement dites, et les sciences physico-mathématiques, telles que la mécanique et l'astronomie. Nous nous occuperons d'abord des premières.

Dans les mathématiques proprement dites, une distinction est encore à faire. Un premier groupe, appelé par Ampère *Arithmologie*, comprend les parties des mathématiques où l'on ne considère que des idées de quantité, de nombre et de rapport, sans les supposer en aucun objet particulier, et sans faire aucun appel aux notions de forme ou de grandeur concrète. Bien que de tout temps il ait existé des fragments de cette science, c'est à Descartes que revient l'honneur d'en avoir le premier marqué l'indépendance et d'en avoir compris toute l'étendue. — Un second groupe, bien connu sous le nom de *Géométrie*, ajoute au contraire aux concepts dont usent les mathématiques pures, la notion de l'espace et des formes avec toutes les propriétés qu'elles impliquent.

34. *a. Arithmologie.* Si nous considérons d'abord l'idée d'unité et la propriété qu'elle présente de pouvoir s'ajouter à elle-même, nous donnerons naissance par là à une série de quantités définies par cette addition successive, et que l'on appelle la série des nombres. Cette série est illimitée, puisque l'opération par laquelle nous

formons un nombre nouveau, c'est-à-dire l'addition d'une unité, est toujours identique et semblable à elle-même. — Il est visible aussi que cette série est discontinue, puisque l'on y passe sans transition de 2 à 3, de 3 à 4, et ainsi de suite. On peut sans doute rendre le saut aussi petit que l'on veut, en prenant des unités de plus en plus petites; c'est ce qui a lieu dans les fractions. Mais, si petit qu'il soit, il n'en reste pas moins réel, et ne pourrait devenir nul que si l'unité employée l'était aussi, ce qui va contre l'hypothèse.

L'étude des nombres et de leurs propriétés est l'objet de l'arithmétique.

35. L'avantage de l'arithmétique, par rapport aux objets concrets auxquels elle s'applique, consiste dans son *indétermination*. En effet le nombre 5, par exemple, convient également à cinq hommes, cinq chevaux, cinq maisons; et l'opération $5 \times 6 = 30$ convient également, qu'il s'agisse de l'une ou de l'autre de ces quantités concrètes.

Si l'on fait par rapport à l'arithmétique ce qu'elle fait elle-même par rapport aux quantités concrètes, on crée une seconde science mathématique, qui s'appelle l'*algèbre*. Au lieu de considérer la valeur particulière des nombres, remplaçons-les par des lettres pouvant signifier indifféremment 1, 2, 3, 4, 5, etc. Nous aurons ainsi des expressions nommées formules où toutes les valeurs seront indéterminées, et qui n'exprimeront plus que les rapports entre ces valeurs. Ainsi

$$(a + b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$$

comprend comme cas particuliers les carrés de

$(2 + 3)$, $(10 + 5)$, $(40 + 50)$, et ainsi de suite. L'algèbre, par son indétermination, simplifie et généralise les opérations de l'arithmétique. Elle permet, en conséquence, de poser et de résoudre quantité de problèmes impossibles à traiter par la seule considération des nombres particuliers.

Mais il est encore possible d'atteindre un degré supérieur d'indétermination et par conséquent de généralité. Considérons les formules

$$y = a + x, \quad y = ax, \quad y = x^a.$$

Dans toutes ces formules, y se trouve lié à x de telle manière que si x varie, y variera aussi d'une façon parfaitement déterminée, mais différente suivant les cas. Ne retenons que cette propriété générale et laissons indécise la question de savoir quelle relation exacte relie les variations de ces deux quantités. Nous dirons alors qu'en considérant x, que nous appellerons variable indépendante, comme pouvant prendre toutes les valeurs possibles, il y aura pour chacune d'elles une valeur déterminée de y, et nous écrirons cette propriété générale sous la forme

$$y = f(x),$$

notation proposée par Lagrange et qui s'énonce en disant que y est une *fonction* de x. — L'étude des fonctions est la branche la plus élevée des mathématiques pures, puisqu'elle se borne à la considération d'un rapport entre deux variables sans s'occuper de la mesure de cette relation. C'est ce point de vue [1] qui

1. Je dis ce *point de vue*, parce que les problèmes les plus simples d'algèbre élémentaire, et même d'arithmétique, peuvent

porte d'ordinaire le nom de mathématiques supérieures, par rapport à l'arithmétique et à l'algèbre, qu'on appelle mathématiques élémentaires. Mais en même temps les fonctions, une fois définies par une loi quelconque de *correspondance*, qui peut être de forme extrêmement variée, constituent de nouveaux objets mathématiques ayant une sorte de réalité *sui generis*, dont l'exploration a été quelquefois comparée à celle des formes multiples des êtres vivants[1].

36. *b. Géométrie.* La géométrie se définit le plus souvent la science des propriétés de l'étendue ; et ce mot d'étendue lui-même signifiant une partie limitée de l'espace, la géométrie est en définitive la science des formes ou des figures qu'il est possible de tracer dans l'espace.

On peut encore dire, avec Auguste Comte, qu'elle a pour objet la mesure indirecte des grandeurs.

Mesurer en effet, c'est transporter, soit idéalement, soit concrètement, sur la figure dont on veut connaître les dimensions, une unité de même espèce qu'elle. Or il est des quantités qui ne se prêtent point à cette opération : par exemple les lignes et les surfaces courbes. Une sphère d'un mètre de rayon ne peut pas servir à mesurer la surface ou le volume d'une sphère cent fois

être considérés comme des questions de fonctions, une fois qu'on a bien saisi le sens de cette idée générale, qui domine toutes les mathématiques; et il y a même un grand intérêt théorique à les envisager ainsi, si l'on veut saisir dans son ensemble la nature et le développement de la science mathématique, et surtout les rapports qui l'unissent à la science de la nature concrète.

1. Hermite. Correspondance avec Stieltjes, II, 397 et 398.

plus grande. Il faut donc chercher un moyen indirect de comparaison. On remarquera donc que dans toute figure, les éléments composants sont liés entre eux par des rapports nécessaires, de telle sorte que la connaissance d'un nombre donné d'entre eux détermine complètement tous les autres; et la science de ces rapports formera la géométrie. — Cette définition d'Auguste Comte s'applique donc très bien à la géométrie ordinaire; mais elle a le défaut de laisser de côté toute une branche de la géométrie qui a existé dès le XVII[e] siècle et qui a repris faveur de nos jours : c'est la *géométrie de position*, appelée autrefois *analysis situs* (notamment par Leibniz). Elle comprend tous les problèmes qui ne concernent que le rapport de situation et de connexion des parties de la figure entre elles, sans tenir compte de leur mesure. A cette géométrie appartient, par exemple, le problème dit *des ponts et des îles*[1] et tous les problèmes dont les données et la solution resteraient les mêmes si la figure était tracée sur une feuille de caoutchouc qu'on pourrait déformer à volonté dans tous les sens. A une autre branche de cette géométrie appartiennent les propriétés de projection dans lesquelles on ne fait intervenir que les alignements des points et les intersections des droites, sans mesurer la longueur des segments employés.

1. Appelé aussi, du nom d'une de ses formes particulières, *problème des ponts de Kœnigsberg* (Euler). La ville de Kœnigsberg, bâtie sur plusieurs bras de la Pregel, a sept ponts qui en relient les quartiers. Est-il possible, étant donnée leur disposition, de tracer un chemin qui permette de passer une fois et une seule sur chacun de ces ponts? — Les journaux amusants proposent souvent des problèmes de ce genre plus ou moins compliqués.

Ce serait là, à proprement parler, la véritable *géométrie pure*; mais, dans l'usage, on restreint moins l'emploi de ce mot, et on l'applique à toute recherche, même métrique, qui raisonne directement sur les figures par voie de superpositions, de déplacements et d'égalités, sans rien emprunter aux théorèmes et aux formules de l'algèbre. C'est la méthode de raisonnement et de démonstration des anciens, et celle qui est encore employée de nos jours dans tous les traités de géométrie élémentaire. On y considère d'abord pour plus de simplicité les figures à deux dimensions (géométrie plane), puis les figures à trois dimensions ou solides (géométrie dans l'espace). Mais cette division, bien qu'elle soit très commode pour établir un ordre dans un traité didactique, ne doit pas être considérée comme touchant au fond même de la science; car, dans un cas comme dans l'autre, la méthode employée et la nature des questions étudiées restent absolument les mêmes [1].

Au contraire, on change tout à fait de méthode en passant de la géométrie pure à la géométrie analytique. Celle-ci, dont nous examinerons plus loin en détail le principe et le mécanisme [46], consiste essentiellement à s'affranchir de la considération directe des figures, en leur substituant de simples expressions algébriques.

1. A la géométrie pure dans l'espace se rattache la *géométrie descriptive*, qui est l'art de représenter des figures solides par leurs projections sur deux plans perpendiculaires. Elle n'est donc qu'une application de la théorie des projections, et n'aurait guère de raison d'exister comme science distincte, sans l'extrême utilité qu'elle présente pour toutes les applications pratiques (taille des pierres, architecture, machines, etc.).

La géométrie analytique est donc l'étude des rapports qui existent entre l'algèbre et la géométrie, notamment de ce fait que les fonctions peuvent être représentées par des courbes, et les courbes par des fonctions. De là les relations du calcul des fonctions avec la haute géométrie, relations si étroites que ces deux sciences sont presque toujours exposées ensemble dans les ouvrages spéciaux [1].

37. La seconde partie des mathématiques se compose des sciences appelées *physico-mathématiques* parce qu'elles tiennent le milieu entre ces deux sortes de connaissances. A vrai dire, on pourrait faire rentrer dans cette classe toutes les parties un peu avancées de la physique, comme la thermodynamique ou l'optique géométrique; et par conséquent la physique entière quand elle sera suffisamment développée. Mais, dans l'état actuel de la science, ce terme s'applique essentiellement à la mécanique, qui fait intervenir, en outre des notions sur lesquelles raisonnent l'algèbre et la géométrie, les idées de force, de masse, de vitesse qui lui sont propres. La mécanique a été divisée par Ampère en Cinématique, Statique et Dynamique.

« La cinématique doit renfermer tout ce qu'il y a à dire des différentes sortes de mouvements, indépendamment des forces qui peuvent les produire. Elle doit d'abord s'occuper de toutes les considérations relatives aux espaces parcourus dans les différents mouvements, aux temps employés à les

1. La trigonométrie peut être considérée comme une des branches de la géométrie analytique, car elle présente le caractère essentiel d'être une application de l'algèbre à la géométrie, et même de donner naissance à quelques-unes des fonctions qui portent le nom de transcendantes.

parcourir, à la détermination des vitesses d'après les diverses relations qui peuvent exister entre ces espaces et ces temps. Elle doit ensuite étudier les différents instruments à l'aide desquels on peut changer un mouvement en un autre; en sorte qu'en comprenant, comme c'est l'usage, ces instruments sous le nom de *machines*, il faudra définir une machine, non pas comme on le fait ordinairement « un instrument « à l'aide duquel on peut changer la direction et l'intensité « d'une force donnée », mais bien « un instrument à l'aide « duquel on peut changer la direction et la vitesse d'un « mouvement donné ». On rend ainsi cette définition indépendante de la considération des forces qui agissent sur la machine; considération qui ne peut servir qu'à distraire l'attention de celui qui cherche à en comprendre le mécanisme. Pour se faire une idée nette, par exemple, de l'engrenage à l'aide duquel l'aiguille des minutes d'une montre fait douze tours tandis que l'aiguille des heures n'en fait qu'un, est-ce qu'on a besoin de s'occuper de la force qui met la montre en mouvement? L'effet de l'engrenage ne reste-t-il pas le même lorsque le mouvement est dû à une force quelconque autre que le moteur ordinaire; quand c'est par exemple avec le doigt qu'on fait tourner l'aiguille des minutes?...

« A la cinématique doit succéder la science où l'on traite, au contraire, des forces indépendamment des mouvements [1], et que conformément à l'usage universellement reçu je désignerai sous le nom de *statique*. La statique ne doit venir qu'après la cinématique, parce que l'idée de mouvement est celle qui est donnée par l'observation immédiate, tandis que nous ne voyons pas les forces qui produisent les mouvements dont nous sommes témoins, et que nous ne pouvons même conclure leur existence que de celle des mouvements observés. Il convient d'ailleurs que les rapports des vitesses virtuelles [2] aient déjà été calculés dans la cinématique pour que la statique puisse s'en servir à déterminer les conditions d'équilibre des différents systèmes de force.

1. C'est-à-dire de l'équilibre des forces, de leur composition, etc.

2. Si nous supposons différents points mécaniquement reliés entre eux, et dans l'état de repos, on appelle *vitesses virtuelles* de ces points les différentes vitesses qu'ils prendraient, en conséquence de cette liaison mécanique, si le système en question venait à entrer en mouvement. C'est ainsi qu'un cercle ne peut évidemment tourner sans que chacun de ses points prenne une vitesse proportionnelle à sa distance au centre.

« Après que la cinématique a étudié les mouvements indépendamment des forces, et que la statique a traité de ces dernières indépendamment des premiers, il reste à les considérer simultanément, à comparer les forces aux mouvements qu'elles produisent, et à déduire de cette comparaison les *lois générales du mouvement* d'après lesquelles, les mouvements étant donnés, on calcule les forces capables de les produire, ou, au contraire, on détermine les mouvements quand on connaît les forces. Ces deux problèmes généraux et les lois dont nous venons de parler constituent une science à laquelle on a donné le nom de dynamique, que je lui conserverai [1]. »

38. Quelque nombreuses que soient les applications de la mécanique, il en est une qui les dépasse toutes par la grandeur et l'intérêt de son objet : c'est la mécanique céleste ou astronomie [2]. En effet, l'éloignement considérable des astres et leur petitesse relative n'ont permis jusqu'à une époque toute récente de considérer en eux autre chose que leurs masses et leurs mouvements, c'est-à-dire leurs propriétés uniquement mécaniques. Le calcul joue donc là un rôle prépondérant, mais non point cependant supérieur à celui qu'il a dans les parties les plus avancées de la physique [12]. Cela tient surtout au peu d'avancement des mathématiques relativement à la difficulté des problèmes que

1. Ampère, *Philosophie des sciences*, I, 3.

2. Le terme de *cosmographie*, souvent employé dans les ouvrages élémentaires, ne désigne pas une science spéciale, mais seulement l'ensemble des principes les plus simples et les plus nécessaires de l'astronomie

l'astronomie nous propose. Ainsi le problème dit *des trois corps* [1], un des plus simples cependant, n'a pas encore reçu de solution mathématique. Le résultat de cet état de choses est que l'astronomie demeure encore sur bien des points une science d'observation et d'expérience; ne pouvant prévoir les phénomènes en les déduisant de leurs formules, elle se contente d'enregistrer les effets pour en découvrir les lois; et par là elle se sépare des mathématiques pour rentrer dans le cadre et la méthode des autres sciences de la nature.

De plus, en dehors des questions de mécanique, l'astronomie contemporaine étudie les propriétés physiques des corps célestes; et même, grâce à la découverte de l'analyse spectrale, elle peut déterminer dans une certaine mesure leur composition chimique. Aussi les recherches de cet ordre constituent-elles actuellement une branche spéciale de cette science qui porte le nom d'*astronomie physique*.

Le calcul des probabilités.

39. Ampère fait rentrer dans les mathématiques pures une branche du calcul que les anciens mathématiciens appelaient *ars conjectandi*, ou encore analyse des hasards, et que nous appelons aujourd'hui calcul des probabilités. Les considérations de nature toute physique qui servent de base à cette science sont une

1. « Étant donnés trois corps (par exemple le soleil, la lune et la terre) dont on connaît à un moment donné les masses, les vitesses, les directions, et qui par hypothèse ne subissent aucune autre force que leur attraction réciproque, calculer leurs trajectoires. »

raison suffisante pour la rattacher de préférence aux sciences physico-mathématiques, comme l'a d'ailleurs fait d'Alembert. En effet, voici comment les principes en sont indiqués par un des plus célèbres géomètres qui se soient occupés de cette matière.

« Aucun phénomène ou événement n'est produit sans cause : c'est là le principe souverain et régulateur de la raison humaine, dans l'investigation des faits réels [130]. Souvent la cause d'un phénomène nous échappe, ou nous prenons pour cause ce qui ne l'est pas : mais ni l'impuissance où nous nous trouvons d'appliquer le principe de causalité, ni les méprises dans lesquelles il nous arrive de tomber en l'appliquant, ne peuvent nous ébranler dans notre adhésion à ce principe conçu comme une règle absolue et nécessaire.

« Nous remontons d'un effet à sa cause immédiate; cette cause à son tour est conçue comme effet, et ainsi de suite, sans que l'entendement conçoive rien qui limite cette loi de régression dans l'ordre des phénomènes. L'effet actuel devient ou peut devenir à son tour cause d'un effet subséquent, et ainsi à l'infini. Cette chaîne infinie de causes et d'effets liés dans l'ordre du temps, chaîne dont le phénomène actuel forme un anneau, constitue une série linéaire. Une infinité de séries pareilles peuvent coexister dans le temps : elles peuvent se croiser, de manière qu'un même phénomène, à la production duquel plusieurs phénomènes ont concouru, tienne comme effet à plusieurs séries distinctes de causes génératrices, ou engendre à son tour plusieurs séries d'effets qui resteront distinctes et parfaitement séparées, au delà du terme initial. On se fait une idée simple de ce croisement et de cet isolement des chaînons par la comparaison avec les générations humaines. Un homme tient par ses père et mère à deux séries d'ascendants; et dans l'ordre ascendant les séries paternelle et maternelle se bifurquent à chaque génération. Il peut à son tour devenir l'origine ou l'auteur commun de plusieurs

lignes descendantes qui, une fois issues de l'auteur commun, ne se croiseront plus, ou ne se croiseront qu'accidentellement par des alliances de famille. Dans le laps du temps, chaque famille ou faisceau généalogique contracte des alliances avec une multitude d'autres; mais d'autres faisceaux, en bien plus grand nombre, se propagent collatéralement en restant parfaitement distincts et isolés les uns des autres; ou, s'ils ont une origine commune, l'authenticité de cette origine repose sur d'autres bases que celles de la science et des preuves historiques.

« Chaque génération humaine ne donne lieu qu'à une division bifide dans l'ordre ascendant; mais l'on conçoit l'existence possible d'un bien plus grand nombre de divisions, tant dans l'ordre régressif que dans l'ordre progressif, lorsqu'il s'agit de causes et d'effets quelconques. Tel phénomène peut être conçu comme tenant à une multitude de causes diverses; et même il semble conforme au plan général de la nature de passer, dans la plupart des cas, de la discontinuité à la continuité, en faisant croître à l'infini le nombre des causes concourantes. Alors les faisceaux de lignes concourantes, par lesquels l'imagination se représente l'enchaînement des phénomènes dans l'ordre de la causalité, semblables à des faisceaux de rayons lumineux, deviendraient comme des masses qui se pénètrent, s'épanouissent et se concentrent, sans qu'il y ait de solution de continuité dans leur tissu.

« Mais, soit qu'il y ait lieu de regarder comme fini ou comme infini le nombre des causes génératrices de tel phénomène, c'est un principe de sens commun qu'il y a des séries de phénomènes *solidaires*, ou dépendant les unes des autres, et d'autres séries qui se développent parallèlement ou successivement, sans qu'il y ait entre elles aucune dépendance, aucun lien de solidarité.

« Personne ne pensera sérieusement qu'en frappant la terre du pied il dérange le navigateur qui voyage aux antipodes, ou qu'il ébranle le système des satellites de Jupiter. Quand on voudrait admettre en théorie l'existence de pareilles perturbations, opérées par de telles causes, il faudrait reconnaître que ces perturbations sont inappréciables pour nous; que nous n'avons aucun moyen d'en suivre la trace dans les phénomènes; en d'autres termes, que la solidarité prétendue ne se manifeste par aucun signe sensible et que, dans l'ordre des faits observables, elle est comme n'existant pas.

40. « Les événements amenés par la combinaison ou la rencontre de phénomènes qui appartiennent à des séries indépendantes, dans l'ordre de la causalité, sont ce qu'on nomme des événements *fortuits* ou des résultats du *hasard*.

« Un homme surpris par l'orage se réfugie sous un arbre isolé, et il y est frappé de la foudre. Cet accident n'est pas purement fortuit; car la physique nous apprend que le fluide électrique a une tendance à se décharger sur les cimes des arbres comme sur toutes les pointes. Il y avait une raison pour que l'homme, ignorant des principes de la physique, choisît l'arbre comme abri, et il y en avait une pour que la foudre vînt le chercher précisément à cette place. Au contraire, si l'homme avait été frappé au milieu d'une prairie ou d'une forêt, l'événement serait fortuit; car il n'y aurait plus aucune liaison entre les causes qui ont amené l'homme sur ce point et celles qui font que la foudre s'y rencontre en même temps que lui.

« Un homme qui ne sait pas lire extrait un à un des caractères d'imprimerie entassés sans ordre : ces caractères, dans l'ordre où il les amène, donnent le mot *Alexandre*. C'est une rencontre fortuite ou un résultat du hasard; car il n'y a nulle liaison entre les causes qui ont dirigé la main de cet homme, et celles qui ont imposé le nom d'*Alexandre* à un conquérant fameux, qui l'ont attribué ensuite à d'autres personnages historiques, qui en ont fait un nom ou un prénom vulgaire, et l'un des mots les plus connus de la langue.

« Ce n'est point parce que les événements pris pour exemples sont rares et surprenants qu'on doit les qualifier de résultats du hasard. Au contraire (comme cela va être,

expliqué, et comme on peut déjà le pressentir d'après ce qui a été dit dans le chapitre précédent), c'est parce que le hasard les amène, entre beaucoup d'autres auxquels donneraient lieu des combinaisons différentes, qu'ils sont rares; et c'est parce qu'ils sont rares, qu'ils nous surprennent. Quand un homme extrait, les yeux bandés, des boules d'une urne qui renferme autant de boules blanches que de boules noires, l'extraction d'une boule blanche n'a rien de rare ni de surprenant, pas plus que l'extraction d'une boule noire; et pourtant l'un et l'autre événement sont considérés avec raison comme des résultats du hasard; parce qu'il n'y a manifestement aucune liaison entre les causes qui font tomber sur telle ou telle boule les mains de l'opérateur, et les couleurs de ces boules.

41. « La théorie des chances et des probabilités mathématiques s'applique à deux ordres de questions bien distincts : à des questions de *possibilité* qui ont une existence objective et à des questions de *probabilité* qui sont en effet relatives, en partie à nos connaissances, en partie à notre ignorance. Quand nous disons que la probabilité d'amener un *sonnez* [1] au jeu de trictrac est $\frac{1}{36}$, nous pouvons avoir en vue un jugement de possibilité ; et alors cela signifie que, si les dés sont parfaitement réguliers, cubiques et homogènes, de manière qu'il n'y ait aucune raison prise dans leur structure physique pour qu'une face soit amenée plutôt que l'autre, le nombre des sonnez amenés dans un grand nombre de coups, par des forces impulsives dont la direction est absolument indépendante des points inscrits sur les faces, sera sensiblement un $\frac{1}{36}$ du nombre total. Mais nous pouvons avoir aussi en vue un jugement de simple probabilité; et sans nous enquérir si cette régularité de structure existe ou n'existe pas, il suffit que nous ignorions dans quel sens agissent les irrégularités de structure, si elles existent, pour que nous n'ayons aucune raison de supposer qu'une face paraîtra plutôt que l'autre. — Alors l'appa-

1. Double six.

rition du sonnez, pour laquelle il n'y a qu'une combinaison sur 36, sera moins *probable* pour nous que celle du point *deux et as*, en faveur de laquelle nous apercevons deux combinaisons, suivant que l'as se trouve sur un dé ou sur l'autre, bien que ce dernier événement soit peut-être physiquement moins possible, ou même impossible. Si un joueur parie pour *sonnez* et un autre pour *deux et as*, en convenant de regarder comme nuls les coups qui n'amèneraient pas l'un ou l'autre de ces points, il n'y aura pas moyen de régler leurs enjeux autrement que dans le rapport de un à deux; et l'équité sera satisfaite par ce règlement aussi bien qu'elle pourrait l'être si l'on était certain d'une parfaite régularité de structure : tandis que le même règlement serait inique de la part de l'arbitre qui saurait que les dés sont pipés, et qu'ils le sont de manière à favoriser l'un des joueurs.

« A cela se bornent à peu près les applications de la théorie, en tant qu'elle a pour objet de simples jugements de probabilité, variables selon les connaissances et l'ignorance des juges. Que si l'on veut transporter dans la discussion des phénomènes naturels ou des faits sociaux les conséquences déduites de pareils jugements, on s'expose à tomber dans des méprises dont nous donnerons des exemples, et qui peuvent ébranler la confiance due aux applications légitimes.

« Le calcul des hasards a pris naissance à l'occasion de ces règlements d'équité (*règle des partis, compositio sortis*, etc.). On voit par un passage remarquable de Pascal [1], qu'il ne

1. « Novissima autem ac penitus intentatae materiae tractatio, scilicet de compositione aleae in ludis ipsi subjectis (quod gallico nostro idiomate dicitur *faire les partis des jeux*) : ubi anceps fortuna aequitate rationis ita reprimitur ut utrique lusorum *quod jure competit* exacte semper assignetur. Quod quidem eo fortius ratiocinando quaerendum, *quo minus tentando investigari possit* : ambigui enim sortis eventus fortuitae contingentiae potius quam naturali necessitati merito tribuuntur. Ideo res hactenus erravit incerta; nunc autem quae *experimento rebellis fuerat*, rationis dominium effugere non potuit : eam quippe

songeait nullement aux applications que sa géométrie du hasard comportait, dans l'ordre des jugements de possibilité, et relativement à l'économie des faits naturels. Les grands génies du XVII[e] siècle, Fermat, Leibniz, Huygens, qui s'occupaient du calcul des combinaisons et des chances en même temps que Pascal, ou quelques années après lui, n'avaient non plus en vue que la règle des partis. Jacques Bernoulli, dans l'*Ars conjectandi*, déterminait formellement le but essentiel, la valeur objective de la théorie des hasards; mais en même temps, par l'emploi continuel des termes de *probabilité*, de *conjecture*, etc., il préparait les équivoques qui en ont rendu l'exposition confuse et les applications incertaines. Le titre de l'ouvrage de Moivre, *Doctrine of chances*, dont la première édition a paru en 1718, cinq ans après l'*Ars conjectandi*, n'avait point cet inconvénient; et maintenant encore les auteurs disent quelquefois la chance d'un événement dans le sens où l'on prend aussi les mots de probabilité et de possibilité....

« Au terme de probabilité, pris dans le sens subjectif, correspond celui de *certitude*, et l'on dit souvent que les probabilités étant mesurées par des fractions, l'unité est la mesure de la certitude. Mais d'un autre côté, on reconnaît qu'il y a une différence d'essence et non pas de grandeur entre la probabilité et la certitude absolue; de sorte qu'il y aurait absurdité à dire que la certitude absolue se compose de la somme de deux ou d'un plus grand nombre de probabilités. C'est qu'en effet, dans toute la doctrine des probabilités mathématiques ou des possibilités, le terme de comparaison n'est pas l'évènement certain d'une certitude

tanta securitate in artem pene geometriam reduximus, ut certitudinis ejus particeps facta, jam audacter prodeat; et sic, matheseos demonstrationes cum aleae incertitudine jungendo, et quae contraria videntur conciliando, ab utraque nominationem suam accipiens, stupendum hunc titulum jure sibi arrogat : *aleae geometria.* » (*Œuvres de Pascal*, t. IV, p. 358 de l'édition de 1819.)

Ce passage est extrait d'un petit écrit latin adressé en 1654 à une réunion libre de savants, *Celeberrimae matheseos Academiae Parisiensi.* L'Académie des sciences n'a été fondée qu'en 1666.

rationnelle, métaphysique ou absolue, mais l'événement *physiquement certain*, c'est-à-dire celui dont la probabilité ne diffère de l'unité que d'une quantité infiniment petite, ou l'événement dont le contraire est physiquement impossible ainsi qu'on l'a expliqué plus haut, tant par des raisonnements généraux que par des exemples. De cette manière, on rétablit l'homogénéité qui doit toujours se trouver dans les choses soumises aux mesures et au calcul, et on lève jusqu'à l'apparence d'une difficulté pour les personnes familiarisées avec le sens des expressions mathématiques [1]. »

De l'algorithme algébrique et de son application à la géométrie.

42. On appelle *algorithmes* les systèmes de signes employés pour représenter un ensemble d'idées, quand ces signes permettent d'effectuer des opérations dont le résultat se vérifie.

Le langage ordinaire et la numération décimale élémentaire, qui résulte naturellement de la structure de nos mains, tel est donc l'algorithme primitif. Mais il est évident que si l'on était réduit à ce mode de raisonnement, on ne saurait aller bien loin. Condillac, qui l'a tenté, n'a pu résoudre de cette façon qu'un problème très simple du premier degré; encore le fait-il d'une manière fort embarrassée et non sans quelques artifices, qui simplifient son raisonnement. « Pour se convaincre de cette vérité, dit Duhamel [2], il suffit de lire les

1. Cournot (1801-1877), *Théorie des chances et des probabilités*, chap. IV. Hachette, éditeur.

2. Duhamel, *Des méthodes dans les sciences de raisonnement*, I, XIV.

énoncés de tant de beaux théorèmes d'Archimède. Avant d'arriver à la fin, on a oublié le commencement.

« Mais avec le langage algébrique tout se simplifie : les conditions qui demandaient une page entière pour être exprimées dans le langage ordinaire demanderont à peine quelques lignes dans l'autre; l'écriture sera saisie instantanément par la vue, et retenue sans difficulté. Les conséquences des raisonnements s'écriront avec la même simplicité; et d'un seul coup d'œil on pourra saisir à la fin l'ensemble de tous les intermédiaires par lesquels on sera passé. »

Il y a plus : un bon algorithme est une source permanente de découvertes, autant qu'un mauvais système de signes est une cause d'erreurs. En effet, les choses qui *symbolisent* sur un point, suivant l'expression de Leibniz, symbolisent aussi le plus souvent sur un autre : dans deux cercles égaux, il suffit de faire coïncider un arc si petit qu'il soit pour déterminer une coïncidence totale; de même un système de signes institué pour un cas spécial se trouve, s'il est bien choisi, convenir encore à toute une série de faits que l'on n'avait pas prévus, et qu'il peut faire deviner. L'interprétation des quantités négatives et des quantités imaginaires, en algèbre, en est un exemple frappant. Le mode de représentation des forces adopté en mécanique conduit au théorème du parallélogramme, qu'une notation différente aurait rendu bien plus difficile à saisir. Pour trouver la solution d'un problème, il suffit souvent d'en avoir écrit les données avec méthode, tandis qu'aucune clarté ne se dégagera d'une page d'équations en désordre.

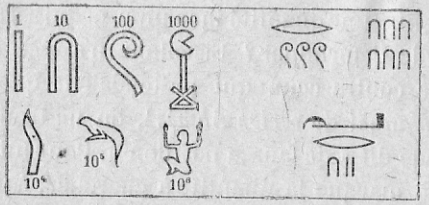
43. Les anciens Égyptiens ont-ils eu l'idée de ce qu'est une équation, c'est-à-dire d'une formule dans laquelle entre une quantité inconnue, et qui sert par cela même à la déterminer? Eisenlohr n'a pas hésité à l'affirmer contre ceux qui prétendaient que dans le fameux *Manuel du scribe Ahmès*[1], on ne trouvait que la méthode dit « de fausse position ». Pour lui le signe *hau*[2], qui marque la quantité à chercher, équivaut à notre idée de l'inconnue. M. Peet, qui en a récemment donné une magnifique édition traduite et commentée, intitule les problèmes 24 à 28 de cet ouvrage : « Solution par tâtonnement (*by trial*) des équations du premier degré. » M. Abel Rey[3] s'en tient au même point de vue, et fait très sagement observer qu'on n'a pas le droit de tirer une conclusion négative de documents aussi rares et aussi imparfaits que ceux que nous possédons. On y voit en tout cas que 1 800 ans environ avant notre ère, les Égyptiens possédaient une remarquable habileté dans le calcul (notamment dans le maniement des fractions ayant pour numérateur 1) et qu'ils se servaient de signes conventionnels pour l'addition, la soustraction, la division, l'égalité. Les nombres sont représentés par un algorithme décimal très simple, n'employant qu'un seul chiffre pour l'unité et pour chacune des cinq premières puissances de 10, et le répétant autant de fois qu'il était nécessaire pour

1. Papyrus du Musée Britannique, édité d'abord par Eisenlohr en 1877. La discussion dont il s'agit se trouve dans le *Journal Asiatique* d'avril-juin 1882, page 517.

2. Plus exactement « ȧḥȧw », mot à mot : le tas.

3. Abel Rey, *Coup d'œil sur la mathématique égyptienne*, Revue de Synthèse historique, XLI (1926), Appendice, p. 57.

former les nombres. On en voit ci-dessous la forme la plus usuelle. La seconde partie de la figure représente



la fraction « un 360ᵉ » et la mesure « un 12ᵉ de coudée ».

44. On ne sait si les Grecs de l'époque classique avaient un système algébrique. Cela semble probable, quand on examine les problèmes de géométrie qu'ils ont résolus; mais en tout cas ils ne nous l'ont point transmis, et s'ils en ont usé pour la découverte de leurs théorèmes, ils ont fait en sorte de s'en passer dans la démonstration. Selon Matter[1], Aristote le premier aurait représenté par des lettres, α, β, γ, les quantités indéterminées, mais non inconnues, sur lesquelles il raisonnait : par exemple le temps, la masse, la force. Quoi qu'il en soit, il faut, pour trouver de véritables équations, arriver à Diophante, mathématicien de cette célèbre école d'Alexandrie qui a poussé si loin les connaissances humaines dans la science et dans la philosophie. Dans ses calculs, il désignait le cube de l'inconnue par κῦ (κύβος), le carré par δῦ (δύναμις), la première puissance par ς (ἀριθμός). Ces symboles prenaient quelquefois le signe du pluriel, ou se compliquaient de terminaisons écrites en abrégé. Quant aux chiffres, ils sont

1. Matter, *Histoire de l'école d'Alexandrie*, II, 53.

représentés par α′, β′, γ′, etc., suivant l'usage ordinaire de la numération grecque; μο (μονάς) signifie l'unité arithmétique; ϕ, dans l'exemple suivant, est le signe de la soustraction :

κῦ β′, δῦ α′ ἴση ϛϛοῖς δ′ ϕ μο ιβ′
$x^3 . 2 + x^2 . 1 = x . 4 - 1 . 12.$

Les Arabes se rapprochaient plus encore de la notation moderne; ils usaient d'ailleurs des chiffres qui portent leur nom et dont quelques-uns n'ont pas été sensiblement modifiés. Le mot *aldjebr*, qui leur appartient, désigne essentiellement chez eux l'opération qui consiste à supprimer les quantités négatives en inscrivant une quantité égale et positive dans le membre opposé de l'équation [1].

45. Passons à la Renaissance. Cardan usait d'une notation assez compliquée où *res* (*R* en abrégé) désignait la première puissance de l'inconnue, *census* son carré, *cubus* son cube :

Cubus p 6 *R æqualis* 20
$x^3 + 6\ x = 20$

Viète écrivait de même, mais avec des abréviations plus complètes, C signifiant *cubus*; Q, *quadratus*, ce qui est la même chose que *census*; N, *numerus*, au lieu de *res*, par imitation de Diophante.

1 C + 8 Q + 16 N *æqu.* 72
$x^3 + 8\ x^2 + 16\ x = 72$

Simon Stevin, dont l'*Arithmetica* parut en 1585, et Albert Girard, géomètre hollandais un peu antérieur

1. Matthiessen, *Antike und moderne Algebra*

à Descartes, employaient une notation qui est une des premières formes de l'algorithme des exposants : l'inconnue y est désignée par un cercle au centre duquel s'inscrit sa puissance. Le signe ∞ désigne l'égalité.

Enfin Descartes a perfectionné cette écriture et lui a donné la forme définitive qu'elle revêt de nos jours en employant les lettres x, y, z pour désigner les différentes inconnues, dont la puissance s'inscrit alors en haut et à droite. Le seul point par lequel il diffère des modernes est qu'il conserve le signe de Girard pour la marque de l'égalité et qu'il appelle l'attention sur l'inconnue par un astérisque.

$$x^{2*} + px^{*} + q \infty 0$$

De grands progrès étaient en germe dans cette manière d'écrire; car en représentant l'exposant par un *chiffre*, elle a permis de lui appliquer toutes les règles du calcul, de considérer des exposants fractionnaires, nuls, négatifs, de créer la fonction exponentielle, etc. — C'est un des plus beaux exemples des avantages immenses que peut apporter à une science une bonne notation.

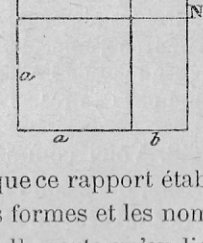
46. Le perfectionnement de cet algorithme fut en partie la cause, et en partie l'effet de la grande invention cartésienne qui a été le point de départ de toutes les mathématiques modernes : *l'application de l'algèbre à la géométrie* [1], en vertu de la règle deuxième

1. Viète (1540-1603) et Albert Girard (1590-1634) avaient déjà travaillé dans cette voie. Fermat (1601-1665) avait imaginé la même méthode avant de connaître celle de Descartes. Quelques historiens des mathématiques pensent même qu'il s'y est montré supérieur à celui-ci.

de sa Méthode, très justement appelée pour cette raison : règle de l'analyse.

Nous avons déjà vu que les anciens démontraient toujours leurs théorèmes par la géométrie. Ils démontraient même ainsi des propositions qui nous semblent aujourd'hui d'algèbre pure, comme le carré du binôme, sur lequel Euclide raisonne ainsi :

Soit à connaître la valeur du carré de la somme de deux quantités a et b. Je les porte à la suite l'une de l'autre sur une ligne et je construis le carré sur la longueur totale. Si maintenant je construis sur la même figure le carré de a et que j'en prolonge les côtés jusqu'en M, N, je vois que le carré de $(a + b)$ est composé d'abord du carré de a, puis du carré de b; enfin de deux rectangles dont chacun est égal au produit de a par b; soit en tout $a^2 + b^2 + 2\,ab$.



Descartes eut cette idée de génie que ce rapport établi par les géomètres anciens entre les formes et les nombres : 1° pouvait être *retourné*, de telle sorte qu'au lieu de tirer seulement des conclusions numériques de l'étude d'une figure de géométrie, on pourrait encore tirer des conclusions géométriques de l'examen d'une formule; et 2° qu'il pouvait être *généralisé*, de telle sorte qu'à toute figure correspondit une équation, et à toute équation une figure.

47. « Je n'eus pas dessein, dit-il, d'apprendre toutes ces sciences particulières qu'on nomme communément mathématiques; et voyant qu'encore que leurs objets soient diffé-

rents, elles ne laissent pas de s'accorder toutes en ce qu'elles ne considèrent autre chose que les divers rapports ou proportions qui s'y trouvent, je pensai qu'il valait mieux que j'examinasse seulement ces proportions en général, et sans les supposer que dans les sujets qui serviraient à m'en rendre la connaissance plus aisée; même aussi sans les y astreindre aucunement, afin de les pouvoir d'autant mieux appliquer à tous les autres auxquels elles conviendraient. Puis, ayant pris garde que pour les connaître j'aurais quelquefois besoin de les considérer chacune en particulier, et quelquefois seulement de les retenir ou de les comprendre plusieurs ensemble, je pensai que pour les considérer mieux en particulier, je les devais supposer en des lignes, à cause que je ne trouvais rien de plus simple, ni que je pusse plus distinctement représenter à mon imagination et à mes sens; mais que pour les retenir ou les comprendre plusieurs ensemble, il fallait que je les expliquasse par quelques chiffres les plus courts qu'il me serait possible, et que par ce moyen j'emprunterais tout le meilleur de l'Analyse géométrique et de l'Algèbre, et corrigerais tous les défauts de l'une par l'autre[1]. »

48. Voici comment Auguste Comte resume et apprécie, dans son chapitre sur la géométrie analytique, la découverte de Descartes.

« La géométrie étant entièrement fondée sur la transformation des considérations géométriques en considérations analytiques équivalentes, nous devons d'abord examiner directement et d'une manière approfondie la belle conception d'après laquelle Descartes a établi uniformément la possibilité constante d'une telle corrélation. Outre son extrême importance propre, comme moyen de perfectionner éminemment la science géométrique, ou plutôt de la constituer dans son ensemble sur des bases rationnelles, l'étude philo-

1. DESCARTES, *Discours de la méthode*, 2e partie.

sophique de cette admirable conception doit avoir à nos yeux un intérêt d'autant plus élevé, qu'elle caractérise avec une parfaite évidence la méthode générale à employer pour organiser les relations de l'abstrait au concret en mathématique, par la représentation analytique des phénomènes naturels. Il n'y a point dans la philosophie mathématique, de pensée qui mérite davantage de fixer toute notre attention.

« Afin de parvenir à exprimer par de simples relations analytiques tous les divers phénomènes géométriques que l'on peut imaginer, il faut évidemment établir d'abord un mode général pour représenter analytiquement les sujets mêmes dans lesquels ces phénomènes résident, c'est-à-dire les lignes ou les surfaces à considérer. Le *sujet* étant ainsi habituellement envisagé sous un point de vue purement analytique, on comprend que dès lors il a été possible de concevoir de la même manière les *accidents* quelconques dont il est susceptible.

« Pour organiser la représentation des formes géométriques par des équations analytiques, on doit surmonter préalablement une difficulté fondamentale, celle de réduire à des idées simplement numériques les éléments généraux des diverses notions géométriques; en un mot, de substituer, en géométrie, de pures considérations de *quantité* à toutes les considérations de *qualité*.

« A cet effet, remarquons d'abord que toutes les idées géométriques se rapportent nécessairement à ces trois catégories universelles : la grandeur, la forme et la position des étendues à considérer. Quant à la première, il n'y a évidemment aucune difficulté; elle rentre immédiatement dans les idées de nombres. Pour la seconde, il faut remarquer qu'elle est toujours réductible par sa nature à la troisième. Car la forme d'un corps résulte évidemment de la position mutuelle des différents points dont il est composé, en sorte que l'idée de position comprend nécessairement celle de forme, et que toute circonstance de forme peut être traduite par une circonstance de position. — C'est ainsi, en effet, que

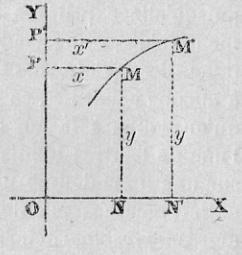
l'esprit humain a procédé pour parvenir à la représentation analytique des formes géométriques, la conception n'étant directement relative qu'aux positions. Toute la difficulté élémentaire se réduit donc proprement à ramener les idées quelconques de situation à des idées de grandeur. Telle est la destination immédiate de la conception préliminaire sur laquelle Descartes a établi le système général de la géométrie analytique.

« Son travail philosophique a simplement consisté, sous ce rapport, dans l'entière généralisation d'un procédé élémentaire qu'on peut regarder comme naturel à l'esprit humain, puisqu'il se forme pour ainsi dire spontanément chez toutes les intelligences, même les plus vulgaires. En effet, quand il s'agit d'indiquer la situation d'un objet sans le montrer immédiatement, le moyen que nous adoptons toujours, et le seul évidemment qui puisse être employé, consiste à rapporter cet objet à d'autres qui soient connus, en assignant la grandeur des éléments géométriques quelconques, par lesquels on le conçoit lié à ceux-ci [1]. Ces éléments constituent ce que Descartes, et d'après lui tous les géomètres, ont appelé les *coordonnées* de chaque point considéré, qui sont nécessairement au nombre de deux si l'on sait d'avance dans quel plan le point est situé, et au nombre de trois s'il peut se trouver indifféremment dans une région quelconque de l'espace. Autant de constructions différentes on peut imaginer pour déterminer la position d'un point, soit sur un plan, soit dans l'espace, autant on conçoit de systèmes de coordonnées distincts, qui sont susceptibles, par conséquent, d'être multipliés à l'infini. Mais, quel que soit le système adopté, on aura toujours ramené les idées de situation à de simples idées de grandeur, en sorte que l'on se représentera le déplacement d'un point comme produit par de pures variations numériques dans les valeurs de ses coordonnées. Pour ne considérer d'abord que le cas le

1. C'est ainsi, par exemple, que nous déterminons habituellement la position des lieux sur la terre par leurs distances plus ou moins grandes à l'équateur et à un premier méridien.

moins compliqué, celui de la géométrie plane, c'est ainsi qu'on détermine le plus souvent la position d'un point sur un plan, par ses distances plus ou moins grandes à deux droites fixes supposées connues, qu'on nomme *axes* (OX, OY) et qu'on suppose ordinairement perpendiculaires entre elles [1].

Ce système est le plus adopté, à cause de sa simplicité; mais les géomètres en emploient quelquefois encore une infinité d'autres. Ainsi la position d'un point sur un plan peut être déterminée par ses distances à deux points fixes, ou par sa distance à un seul point fixe, et la direction de cette distance, estimée par l'angle plus ou moins grand qu'elle fait avec une droite fixe, ce qui constitue le système des coordonnées dites *polaires*, le plus usité après celui dont nous avons parlé d'abord; ou par les angles que forment les droites allant du point variable à deux points fixes, avec la droite qui joint ces derniers ; ou par les distances de ce point à une droite fixe et à un point fixe, etc. En un mot, il n'y a pas de figure géométrique quelconque d'où l'on ne puisse déduire un certain système de coordonnées, plus ou moins susceptible d'être employé....



49. « D'après la manière d'exprimer analytiquement la position d'un point sur un plan, on peut aisément établir que, par quelque propriété qu'une ligne quelconque puisse être définie, cette définition est toujours susceptible d'être remplacée par une équation correspondante entre les deux coordonnées variables du point qui décrit cette ligne, équation qui sera dès lors la représentation analytique de la ligne proposée, dont tout phénomène devra se traduire par une certaine modification algébrique de son équation. Si

1. Nous ajoutons ici pour plus de clarté une figure qui n'est pas dans le texte d'Auguste Comte.

l'on suppose, en effet, qu'un point se meuve sur un plan sans que son cours soit déterminé en aucune manière, on devra évidemment regarder ces deux coordonnées, dans quelque système que ce soit, comme deux variables entièrement indépendantes l'une de l'autre. Mais si, au contraire, ce point est assujetti à décrire une certaine ligne quelconque, il faudra nécessairement concevoir que ces coordonnées conservent entre elles, dans toutes les positions qu'il peut prendre, une certaine relation permanente et précise, susceptible, par conséquent, d'être exprimée par une équation convenable, qui deviendra la définition analytique très nette et très rigoureuse de la ligne considérée, puisqu'elle exprimera une propriété algébrique exclusivement relative aux coordonnées de tous les points de cette ligne. Il est clair, en effet, que lorsqu'un point n'est soumis à aucune condition, sa situation n'est déterminée qu'autant qu'on donne à la fois ses deux coordonnées, distinctement l'une de l'autre; tandis que quand le point doit se trouver sur une ligne définie une seule coordonnée suffit pour fixer entièrement sa position. La seconde coordonnée est donc alors une *fonction* déterminée de la première [35], ou, en d'autres termes, il doit exister entre elles une certaine *équation*, d'une nature correspondante à celle de la ligne sur laquelle le point est assujetti à rester. En un mot, chacune des coordonnées d'un point l'obligeant à être situé sur une certaine ligne, on conçoit réciproquement que la condition, de la part d'un point, de devoir appartenir à une ligne définie d'une manière quelconque, équivaut à assigner la valeur de l'une des deux coordonnées, qui se trouve, dans ce cas, être entièrement dépendante de l'autre. La relation analytique qui exprime cette dépendance peut être plus ou moins difficile à découvrir; mais on doit évidemment en concevoir toujours l'existence, même dans les cas où nos moyens actuels seraient insuffisants pour la faire connaître. C'est par cette simple considération que, indépendamment des vérifications particulières sur lesquelles est ordinairement établie cette conception fondamentale, à l'occasion de telle ou telle défi-

nition de ligne, on peut démontrer, d'une manière entièrement générale, la nécessité de la représentation analytique des lignes par les équations.

50. « En reprenant en sens inverse les mêmes réflexions, on mettrait aussi facilement en évidence la nécessité géométrique de la représentation de toute équation à deux variables, dans un système déterminé de coordonnées, par une certaine ligne, dont une telle relation serait, à défaut d'aucune autre propriété connue, une définition très caractéristique, et qui aura pour destination scientifique de fixer immédiatement l'attention sur la marche générale des solutions de l'équation, qui se trouvera ainsi notée de la manière la plus sensible et la plus simple. Cette peinture des équations est un des avantages fondamentaux les plus importants de la géométrie analytique, qui a par là réagi au plus haut degré sur le perfectionnement général de l'analyse elle-même, non seulement en assignant aux recherches purement abstraites un but nettement déterminé et une carrière inépuisable, mais sous un rapport encore plus direct, en fournissant un nouveau moyen philosophique de méditation analytique, qui ne pourrait être remplacé par aucun autre. En effet, la discussion purement algébrique d'une équation en fait sans doute connaître les solutions de la manière la plus précise, mais en les considérant seulement une à une, de telle sorte que par cette voie, leur marche générale ne saurait être conçue qu'en résultat définitif d'une longue et pénible suite de comparaisons numériques, après laquelle l'activité intellectuelle doit se trouver émoussée.

« Au contraire, le lieu géométrique de l'équation étant uniquement destiné à représenter distinctement et avec une netteté parfaite le résumé de cet ensemble de comparaisons, permet de le considérer directement en faisant complètement abstraction des détails qui l'ont fourni, et par là peut indiquer à notre esprit des vues analytiques générales auxquelles nous serions difficilement parvenus de

toute autre manière, faute d'un moyen de caractériser clairement leur objet. Il est évident, par exemple, que la simple inspection de la courbe logarithmique ou de la courbe $y = \sin x$ fait connaître d'une manière bien plus distincte le mode général de variations des logarithmes par rapport aux nombres ou des sinus par rapport aux arcs, que ne pourrait le permettre l'étude la plus attentive d'une table trigonométrique. On sait que ce procédé est devenu aujourd'hui entièrement élémentaire et qu'on l'emploie toutes les fois qu'il s'agit de saisir nettement le caractère général de la loi qui règne dans une suite d'observations précises d'un genre quelconque [1]. »

Quantités continues et quantités discontinues. Le calcul infinitésimal.

51. Il est une première sorte de quantité que nous connaissons bien et sur l'existence de laquelle il ne s'est jamais élevé de difficultés. Tout au contraire, on lui a parfois attribué plus de valeur qu'à toute autre et on a voulu en faire l'essence même des choses : c'est le *nombre*. Tout le monde possède avec la même clarté cette notion; les auteurs qui se sont occupés de psychologie comparée affirment même qu'on la trouve à l'état rudimentaire chez les animaux. Quand à un être donné, d'un genre déterminé, nous en ajoutons un autre, puis un autre, et ainsi de suite à plusieurs reprises, nous avons un certain nombre d'êtres de ce genre, et nous désignons l'ensemble de ces objets par un signe particulier, que nous faisons suivre du nom

1. Auguste Comte, *Cours de philosophie positive*, t. I, 12e leçon. Par exemple, les courbes barométriques, thermométriques; les *graphiques* des chemins de fer; les tables exprimant la variation des phénomènes sociaux, naissances, maladies, morts, etc.

du genre auquel appartiennent toutes ces unités. Ce genre peut être aussi vaste que nous le voulons; mais la condition nécessaire pour l'existence du nombre, c'est la distinction réelle, l'individualité propre de chacune des unités qui le constituent. C'est ainsi que l'on a d'abord compté sur les doigts, usage d'où vient sans doute la numération décimale, puis avec de petites pierres (*calculi*), avant d'en venir à ce que nous appelons nombres abstraits. Et ceux-ci mêmes ne sont à proprement parler que des nombres concrets pour lesquels l'extension du genre dont nous parlions tout à l'heure est devenue infinie. Les éléments y deviennent alors de simples unités, sans aucune compréhension il est vrai, mais gardant toujours ce caractère d'unité, d'individualité distincte, qui rend seul le nombre possible.

Dès lors, si nous envisageons la série des nombres, nous en voyons apparaître le caractère essentiel : les nombres sont des quantités *discontinues*. Si nous éliminons toutes les idées qui nous viennent de conceptions étrangères, nous ne comprenons pas et ne devons pas comprendre qu'il puisse y avoir d'intermédiaire entre deux nombres consécutifs. Une quantité numérique croît de l'unité, ou ne croît pas. 5 ne cesse d'être 5 qu'au moment précis où il est remplacé par 6; il serait même impropre de dire : au moment où il *devient* 6. Ces deux quantités sont totalement séparées : de l'une à l'autre, aucune transition possible. On ne peut objecter à cela l'existence des fractions : elles viennent seulement de ce que l'on peut prendre comme unité seconde, comme base connue et définie d'un

nouveau système de numération, un groupe d'unités primitives élémentaires. Ce groupe est d'ailleurs parfaitement déterminé par rapport à cette première unité et la suppose toujours, puisque le dénominateur exprime justement le rapport fixe qui unit ces deux quantités. A ce point de vue, $\frac{5}{3}$ ne doit pas être considéré comme un intermédiaire entre 1 et 2 (ce qui n'aurait pas de sens), mais comme un *nombre complexe*, c'est-à-dire comme un système de deux nombres soumis à certaines règles particulières de calcul, qu'on peut interpréter *physiquement* de la façon suivante : le premier indique, comme partout ailleurs, qu'on prend cinq *unités*; et le second, que la grandeur matérielle prise maintenant comme unité est dans le rapport de 1 à 3 avec la grandeur matérielle dont on s'est servi précédemment comme unité. — Toute l'arithmétique repose donc sur la conception de quantités discontinues, variant par sauts brusques, et toutes composées d'un élément ultime en qui réside toute leur réalité, l'unité, concrète ou abstraite, c'est-à-dire en entendant le mot dans son sens le plus large, l'individu.

Mais cette conception n'épuise pas l'idée que nous avons de la quantité. Non seulement nous concevons des nombres à variation discontinue; mais nous connaissons encore un autre genre de valeur, que nous désignons par le nom de *quantité continue*. Nous entendons par là une quantité telle qu'il n'y ait en elle aucune division réelle, et que d'autre part elle puisse admettre une division idéale quelconque. Elle est par là en complète opposition avec le nombre, qui est toujours divisé en unités, et n'admet ainsi qu'un nombre

limité de décompositions. Les variations que subissent les quantités continues ne se font point par écarts subits et sans transition, mais au contraire par gradation insensible, de telle sorte que le passage d'une valeur à une autre soit insaisissable, au sens le plus rigoureux du mot. C'est ce qu'exige la définition même du continu que nous avons donnée plus haut, car toute discontinuité, toute interruption dans la variation marquerait une division naturelle de cette quantité qui doit rester indivise.

52. L'une et l'autre de ces quantités nous sont à la fois données dans leurs propriétés essentielles et rigoureuses par la raison, et de plus représentées par les sens d'une manière inadéquate, mais concrète et facile à saisir pour notre imagination. Au point de vue rationnel, elles reposent en effet la première sur l'idée d'unité, la seconde sur l'idée d'espace, qui est la quantité continue par excellence, et qui sert même à fixer les propriétés mathématiques du temps. Au point de vue sensible, une réunion d'hommes, un tas de pierres, une constellation d'étoiles nous représentent très bien des nombres discontinus; la hauteur du soleil sur l'horizon, le mouvement d'un train en marche, celui des aiguilles d'une montre, voilà des quantités continues concrètes. Mais si l'expérience des sens illustre ainsi par des exemples les conceptions de notre esprit, il ne faut pas perdre de vue qu'elle ne nous accorde cet avantage qu'aux dépens de la rigueur des idées qu'elle représente ainsi. Nous ne trouvons pas dans les objets sensibles d'unité vraiment indivisible : l'homme, la pierre,

l'étoile, sont des composés qui pourraient être dissociés; et de plus ils ne présentent jamais entre eux la parfaite égalité qui caractérise les unités mathématiques. D'autre part, la continuité des mouvements que nous percevons est elle-même imparfaite, car nous ne la percevons que jusqu'à un certain point seulement; au delà, notre imagination se trouble, et par l'habitude qu'elle a de la notion plus claire du nombre, elle se laisserait aisément persuader que le mouvement est composé de petites secousses élémentaires, de petites unités de déplacement dont la somme fait le mouvement total. L'histoire des sciences est là pour le prouver; il suffit de se reporter aux difficultés de cinématique soulevées par Zénon d'Élée, et dont Aristote et les commentateurs ont fait une si intéressante discussion [1]. L'argument dit *de la flèche* est le plus frappant à ce point de vue, puisqu'il consiste à dire que le mouvement d'une flèche est incompréhensible, ne pouvant être formé, dans ses parties élémentaires, que de mouvements nuls ou de repos, dont la somme ne devrait pas faire un mouvement réel. Ainsi commençait la discussion des rapports des quantités continues et discontinues, qui n'est pas encore entièrement vidée de nos jours.

53. En effet, le nombre sert à mesurer le continu :

1. Aristote, *Physique*, VI, 9, et *Métaphysique*, II, 4. — L'exposition de ces arguments et leur examen ont été repris dans plusieurs ouvrages modernes, dont les plus célèbres sont : Bayle, *Dictionnaire historique et critique*; — Hegel, *Geschichte der Philosophie*; — Renouvier, *Manuel de Philosophie ancienne*; — et surtout Zeller, *Die Philosophie der Griechen*.

mais toute numération suppose une division et une unité; le continu, par sa nature même, ne les fournit pas. Il faut donc avoir recours à un artifice, artifice que rend possible cette propriété du continu de pouvoir admettre une division quelconque. Imposons-lui tout idéalement cette division qui n'est pas en lui. Pour cela, prenons une quantité continue tout à fait arbitraire, mais fixe, comme la longueur du méridien ou celle du pendule battant la seconde en un lieu donné. Convenons de considérer cette quantité comme une unité dont seraient composés les continus de même nature et de lui appliquer les règles de calcul applicables à l'unité réelle. Dès lors, les quantités continues seront égales à 1, 2, 3,... n fois la quantité prise comme unité, et nous convenons de les désigner à ce point de vue par les valeurs 1, 2, 3,... n, qui permettent de les traiter jusqu'à un certain point comme des nombres. Mais remarquons-le bien, avant de passer plus loin, la ligne que nous représentons par 5 ou par 9 n'est en elle-même ni 5, ni 9, ni même un nombre quelconque. Elle garde toujours son caractère de divisibilité parfaite, et l'opération que nous faisons en la divisant en un certain nombre d'unités ne doit pas nous faire perdre de vue ce fait essentiel, que ces parties sont purement idéales et artificielles.

Sur cette vérité repose le principe de l'homogénéité des équations représentant des grandeurs continues. Pour qu'une équation de ce genre soit générale, il faut en effet qu'elle subsiste *quelle que soit l'unité choisie*; car, en vertu du principe d'identité, les rapports entre divers éléments d'une figure sont toujours les mêmes,

quel que soit le moyen employé pour les mesurer. Or cette condition ne serait pas remplie si nous avions des équations où une ligne serait égale au carré d'une autre, ou au produit de deux autres. Soit en effet trois lignes x, y, z, qui donneraient en valeur absolue, étant mesurées avec l'unité A, les nombres a, b, c, entre lesquels on aurait l'équation :

$$a = bc.$$

Si nous les mesurons avec une autre unité B que nous supposerons égale à la moitié de la précédente, nous aurons :

$$2a = 2b.\ 2c \quad \text{ou} \quad 2a = 4bc$$
$$a = 2bc$$

équation différente de la première et dans laquelle le coefficient du second membre varierait avec chaque changement d'unité. Si au contraire nous avons des termes de même degré, soit par exemple $a^2 = bc$, il est visible que le changement d'unité n'entraînera aucun changement de l'équation; condition absolument nécessaire à réaliser dans les grandeurs où une unité absolue fait défaut, ce qui est le cas de toute quantité continue.

54. Mais si l'on aperçut vite la fécondité du système qui consiste à mesurer le continu par le nombre, on ne dut pas tarder non plus à sentir que cette application était forcément inadéquate et qu'il y avait du danger à en user inconsidérément. De là les hésitations des anciens dans l'emploi de ce procédé, si simple qu'il fût. Ils n'osaient jamais abandonner la figure sur laquelle ils travaillaient, ni remplacer une ligne par une grandeur abstraite. Ils font toujours, comme nous

l'avons déjà vu [46], leurs démonstrations par la géométrie pure, et la méthode devait en rester là jusqu'à l'époque de Viète et de Descartes — C'est qu'en effet, dès que l'on ne s'en tient plus aux mesures élémentaires et d'un usage courant, l'on se trouve en face de difficultés toujours croissantes. On sait comment Descartes, par l'artifice des signes + et — ajoutés aux grandeurs, en avait pu fixer le sens. Mais il y a dans cette application des problèmes plus malaisés à résoudre. Si nous avons à considérer une quantité variant d'une manière continue, comme l'ordonnée d'une courbe [56], le sinus d'un arc, nous voyons immédiatement qu'un chiffre ne peut rendre cette variation : il fixerait dans une position déterminée cette mobilité changeante, et, même en représentant rigoureusement la valeur de cette ligne à deux moments donnés, si proches qu'on les suppose, il ne pourrait exprimer le passage de l'une à l'autre de ces positions. Enfin, si nous divisons une ligne en deux, nous pourrons la représenter par 2, ou bien ses parties par $\frac{1}{2}$; divisons encore en deux chacune de ces moitiés, nous pourrons représenter la ligne totale par 4, ou ses parties par $\frac{1}{4}$, et ainsi de suite. Mais à la limite, par quel nombre représenter la ligne et par quel nombre ses parties? Aucune grandeur discontinue ne saurait symboliser ce mode de division : et pourtant nous avons le droit de le considérer, d'après la définition même du continu.

55. Ces difficultés de la mesure des courbes et des limites, que nous exposons ici d'une manière aussi simple et schématique que possible, se rencontrent

dans une infinité de problèmes dont la solution est très importante, autant même au point de vue pratique qu'au point de vue théorique. C'est pour les résoudre qu'a été inventé le *calcul infinitésimal*, le plus puissant instrument des mathématiques modernes.

Il repose essentiellement sur la considération des accroissements corrélatifs Δx, Δy, de deux variables x, y, qui sont fonction l'une de l'autre. Ces accroissements sont d'abord considérés comme très petits, mais ayant une valeur finie; on établit ainsi des relations entre eux. Puis on les fait décroître indéfiniment, et l'on observe que les relations trouvées par leur moyen restent fixes, ou tendent vers une limite déterminée quand ces accroissements tendent ainsi vers zéro. On établit ainsi des règles suivant lesquelles, de ces différences indéfiniment décroissantes (qu'on appelle *différentielles* et qu'on représente alors par les symboles dx, dy), on peut remonter aux rapports qu'ont entre elles les fonctions ou les quantités finies qui sont en définitive le véritable objet qu'on se proposait de calculer. — De plus, observant que, parmi ces quantités *infinitésimales* elles-mêmes, il en est de différents ordres, (telles par exemple que celles du second ordre sont par rapport à celles du premier comme celles-ci par rapport aux quantités finies), on établit des règles suivant lesquelles on a le droit de les négliger les unes par rapport aux autres, sans altérer l'exactitude des équations dans lesquelles elles entrent; ce qui produit une abrévation et une simplification remarquables des calculs, tout en conservant la rigueur des résultats[1].

1. Il faut bien remarquer en effet qu'il ne s'agit pas dans cette méthode de procéder par approximation, en négligeant des quantités réelles, mais très petites; par exemple, comme on fait en physique quand on mesure au millimètre près, sans tenir compte d'un dixième de millimètre en trop; l'élimination dont il s'agit ici est aussi rigoureuse que celle qui permet de supprimer le zéro dans le nombre 015, obtenu en retranchant 125 de 140, suivant les règles de la soustraction.

Quant à la raison philosophique d'introduire ces petites quantités auxiliaires, pour les annuler ensuite et les faire disparaître, elle vient des rapports de l'espace et du nombre; pour pouvoir ramener toutes les questions géométriques à des questions arithmétiques, il faudrait en effet trouver dans le continu même une unité réellement indivisible; il faudrait que le continu, comme le discontinu, pût croître d'une quantité minima α, telle qu'il n'y eût point d'intermédiaire possible entre x et $x + \alpha$. Or le continu, en vertu de ses propriétés essentielles, ne peut croître que d'une quantité continue et par conséquent divisible. — Mais les mathématiciens, qui avaient besoin de cette unité fictive, se la sont donnée artificiellement, quitte à l'éliminer par des procédés convenables avant la fin de leur calcul, qui ne peut évidemment la contenir. C'est elle que considère Cavalieri[1] dans sa *méthode des indivisibles*, adoptée et perfectionnée par Descartes, Pascal, Roberval[2]; Newton lui a donné le nom de *fluxion*[3] et l'écrivit $\dot{x}$;

1. Bonaventure Cavalieri (1598-1647), géomètre italien.

2. Gilles de Roberval (1602-1675), professeur de mathématiques au Collège royal et membre de l'Académie des sciences.

3. Le mot de *fluxion*, au sens tout à fait strict, désigne chez Newton la vitesse d'accroissement d'une fonction comparée à la vitesse d'accroissement de la variable indépendante. La notation de Leibniz et celle de Lagrange ont fait disparaître cette idée accessoire de temps, qui n'était pas nécessaire au calcul infinitésimal.

enfin Leibniz l'appela *différentielle* et imagina de la représenter par le symbole dx, qu'elle conserve encore aujourd'hui. On discute souvent la question de savoir quel est, de ces deux derniers mathématiciens, le véritable inventeur du calcul infinitésimal; c'est poser assez mal la question. D'abord, ils ont eu des prédécesseurs; et quant à l'invention même de leurs notations et de leurs règles propres, il est assez croyable qu'ils les ont trouvées chacun de leur côté, comme il est arrivé pour tant d'autres inventions. Cependant Leibniz présente en cette affaire une grande supériorité sur Newton : chez lui, l'idée des différents ordres de grandeur, dont chacun est infini par rapport au suivant, est une idée fondamentale sur laquelle repose toute sa philosophie; s'il avait pris soin de donner à ses ouvrages la forme didactique qu'il a presque toujours négligée, il aurait pu démontrer *a priori* la légitimité de sa méthode en la rattachant à sa conception générale du monde et de la raison. Au contraire, cette découverte semble avoir été toute empirique chez Newton, presque accidentelle et en tout cas sans racines philosophiques. La différence n'est pas négligeable : il faut sonder, disait Pascal (après Montaigne et Cicéron), comment une pensée « est logée en son auteur; comment, par où, jusqu'où il la possède »; autrement, on juge mal de sa valeur.

56. Dès l'origine, la théorie des infiniment petits souleva des objections; on accusait les partisans des *indivisibles* de composer le continu d'éléments simples, ce qui eût été contradictoire [51]. Le nom de leur méthode prêtait à la confusion, mais il n'y en avait pas dans leurs idées.

« Tout ce qui se démontre par les véritables règles des indivisibles se démontrera aussi à la rigueur, à la manière des anciens : l'une de ces méthodes ne diffère de l'autre que par la manière de parler, ce qui ne peut blesser les personnes raisonnables, une fois averties de ce qu'on entend par là. Je ne ferai donc aucune difficulté d'user de cette expression : *la somme des ordonnées* [1], qui semble ne pas être géométrique à ceux qui n'entendent pas la doctrine des indivisibles, ce qui ne vient que de leur manque d'intelligence, puisqu'on n'entend autre chose par là sinon la somme d'un nombre *indéfini* de rectangles faits de chaque ordonnée avec chacune des petites portions égales du diamètre, dont la somme est certainement un plan qui ne diffère du demi-cercle que d'une quantité moindre qu'aucune quantité donnée [2]. »

57. Mais lorsque Leibniz eut transfiguré cette méthode en y introduisant un algorithme précis, qui conduisait au fameux principe de la possibilité de négliger les infiniment petits d'ordre supérieur en fonction des autres, un grand nombre de bons esprits regardèrent ce procédé comme une atteinte à la rigueur des mathématiques, et comme une méthode d'approximation, dont la réussite ne prouvait pas la valeur absolue, et qui réduisait les mathématiques à l'empirisme. Les géomètres ne s'en tourmentèrent pas d'abord beaucoup. Ils résolvaient par ce moyen des problèmes qui jusque-là étaient restés inabordables, et le succès était assez grand pour les tranquilliser sur la valeur du principe. On prétend même que d'Alembert, interrogé

1. On appelle ordonnée d'un point d'une courbe la perpendiculaire abaissée de ce point sur l'un des deux axes rectangulaires auxquels est rapportée cette courbe [49]. L'autre se nomme abscisse.

2. Pascal, Lettre au géomètre Pierre de Carcavy (1620-1684), garde de la librairie, directeur du cabinet des médailles.

par un débutant que scandalisait l'apparente inexactitude du calcul infinitésimal, lui répondait : « Allez de l'avant, la foi vous viendra [1] ». Elle vient en effet par la pratique, mais au point de vue de la méthode, les esprits justes ont besoin de démonstrations plus satisfaisantes. Quelques-uns, pour plus de rigueur, proposèrent de considérer le procédé de Leibniz uniquement comme une méthode pour deviner la solution des problèmes et découvrir des théorèmes nouveaux, qu'on n'aurait admis dans la science qu'après vérification par les méthodes ordinaires, notamment par la réduction à l'absurde, instrument ordinaire des anciens mathématiciens dans ce genre de démonstrations. L'illustre Lagrange [2], tout en gardant quelque chose de cette opinion, fit un pas de plus; il montra dans ses *Leçons sur le calcul des fonctions* que l'on pouvait arriver par l'analyse ordinaire à tous les résultats du calcul infinitésimal en se servant d'une part de la notion de « dérivée », c'est-à-dire de la limite du rapport existant entre l'accroissement d'une fonction et celui de sa variable indépendante, et d'autre part du développement des fonctions, selon la méthode de Taylor, en séries dont les termes successifs sont formés suivant une loi connue. Les formules engendrées par ces opérations se trouvent être analogues à celles du calcul infinitésimal, et conduisent aux mêmes applications,

1. Bossut, dans son *Histoire des mathématiques*, attribue ce mot au mathématicien Fontaine.

2. J.-L. Lagrange (1736-1813), né à Turin, d'une famille française alliée à celle de Descartes, professeur à l'École normale et à l'École polytechnique.

comme le montrait Lagrange dans son ouvrage, en déterminant par leur moyen les tangentes des courbes, leurs quadratures, leurs rectifications, les propriétés générales des quantités logarithmiques, et une foule d'autres problèmes, dont quelques-uns même étaient nouveaux.

58. Cette méthode était très belle par sa rigueur, et présentait le grand avantage de ne laisser aucune place au scepticisme. Mais elle amenait dans la pratique à de telles complications de formules, en comparaison de l'algorithme si simple de Leibniz, que son auteur lui-même ne l'a jamais exclusivement employée, sinon pour démontrer des solutions qu'il avait découvertes autrement. Carnot [1] entreprit de faire plus. Dans un petit ouvrage assez improprement intitulé *Métaphysique du calcul infinitésimal*, mais admirable par sa précision et par la clarté de ses vues, il fit voir que l'algorithme de Leibniz était exact, et qu'on en pouvait justifier directement l'emploi sans passer par les détours ingénieux, mais pénibles, que Lagrange avait inventés. La force de son argumentation vient de ce qu'il a soin de ramener toujours la question à son principe, c'est-à-dire au rapport du continu et du discontinu, du nombre et de la géométrie. Par ce procédé très philosophique, il ne légitime pas seulement les principes du calcul infinitésimal, il les éclaire, et rend sensibles les raisons logiques qui président à l'élimination des

1. Lazare Carnot (1753-1823), membre de la Convention, puis du Directoire, père du physicien Sadi Carnot qui a découvert les principes de la thermodynamique.

infiniment petits. Cet ouvrage semble avoir fermé pour ce calcul l'ère des discussions de principes, et définitivement déchargé la méthode de Leibniz du soupçon d'inexactitude. Aussi les mathématiciens modernes continuent-ils à s'en servir de préférence, bien que la théorie des dérivées soit restée aussi dans la science et dans l'enseignement, où elle sert généralement d'introduction à l'étude du calcul infinitésimal proprement dit.

Des principes et des règles de la démonstration.

Je ne puis mieux faire entendre la conduite qu'on doit garder pour rendre les démonstrations convaincantes, qu'en expliquant celle que la géométrie observe[1]... Cet ordre, le

1. Je laisse de côté, dans ce passage, les considérations étranges mises en avant par Pascal, à plusieurs reprises, pour rabaisser la raison et faire admettre que « les hommes sont dans une impuissance naturelle et immuable de traiter quelque science que ce soit dans un ordre absolument accompli », — sous prétexte que la science parfaite serait celle qui définirait tous les termes et prouverait toutes les propositions, et que cela nous est évidemment impossible. Il a cru, semble-t-il, qu'il s'agissait ici d'une impuissance à pousser à l'infini un processus logique qui ne serait complet qu'à la limite (comme la méthode d'exhaustion, ou comme l'analyse des vérités empiriques chez Leibniz); mais c'est tout différent, et l'erreur consiste à raisonner comme si la démonstration *créait* la vérité de ce qu'on démontre, tandis qu'elle a pour fonction de la *transporter* des prémisses (quand elle s'y trouve) aux conséquences qui en résultent nécessairement. Autant vaudrait considérer comme une infériorité qu'il y ait des sources, et déplorer l'impuissance de l'homme à produire l'eau par des aqueducs de longueur infinie. Au reste, on verra que dans ce passage même, il revient ensuite à une conception tout opposée. La science parfaite (si l'on peut en parler) serait au contraire celle qui n'aurait besoin d'aucune définition ni démonstration, parce que tout lui serait connu d'une manière claire et

plus parfait entre les hommes, consiste non pas à tout définir, ou à tout démontrer, ni aussi à ne rien définir ou à ne rien démontrer, mais à se tenir dans ce milieu de ne point définir les choses claires et entendues de tous les hommes et de définir toutes les autres; et de ne point prouver toutes les choses connues des hommes, et de prouver toutes les autres. Contre cet ordre pèchent également ceux qui entreprennent de tout définir et de tout prouver, et ceux qui négligent de le faire dans les choses qui ne sont pas évidentes d'elles-mêmes.

C'est ce que la géométrie enseigne parfaitement. Elle ne définit aucune de ces choses, espace, temps, mouvement, nombre, égalité, ni les semblables qui sont en grand nombre, parce que ces termes-là désignent si naturellement les choses qu'ils signifient, à ceux qui entendent la langue, que l'éclaircissement qu'on en voudrait faire apporterait plus d'obscurité que d'instruction... Elle en use de même à l'égard de l'autre point qui consiste à prouver les propositions qui ne sont pas évidentes. Car, quand elle est arrivée aux premières vérités connues, elle s'arrête là, et demande qu'on les accorde, n'ayant rien de plus clair pour les prouver; de sorte que tout ce que la géométrie propose est parfaitement démontré ou par la lumière naturelle, ou par les preuves[1]...

« On trouvera peut-être étrange que la géométrie[2] ne puisse définir aucune des choses qu'elle a pour principaux

immédiate; c'est l'idéal dont Descartes, dans les *Regulae*, voulait qu'on fît effort pour se rapprocher, en se familiarisant avec les démonstrations au point de les saisir intuitivement d'un seul coup d'œil et d'en éliminer ainsi le caractère discursif.

1. Les géomètres du XIX^e^ siècle ont été plus loin et se sont exercés à déduire le corps de propositions formant la science du plus petit nombre possible de propositions primitives, sans s'inquiéter de savoir si ces postulats sont ou ne sont pas évidents, ni même s'ils sont vrais ou faux assertoriquement. Mais alors il faut bien se rendre compte que les propositions qu'on en *déduit* ne sont pas pour cela *démontrées* : tout ce que l'on *démontre*, c'est que *si* les premières sont vraies, les suivantes le sont aussi.

2. Ce mot signifie ici *les mathématiques*, comme le prouve la division qui suit.

objets, car elle ne peut définir ni le mouvement, ni les nombres, ni l'espace; et cependant ces trois choses sont celles qu'elle considère particulièrement et selon la recherche desquelles elle prend ces trois différents noms de mécanique, d'arithmétique, de géométrie, ce dernier nom appartenant au genre et à l'espèce. Mais on n'en sera pas surpris si l'on remarque que cette admirable science ne s'attachant qu'aux choses les plus simples, cette même qualité qui les rend dignes d'être ses objets les rend incapables d'être définies; de sorte que le manque de définition est plutôt une perfection qu'un défaut, parce qu'il ne vient pas de leur obscurité, mais au contraire de leur extrême évidence, qui est telle qu'encore qu'elle n'ait pas la conviction des démonstrations, elle en a toute la certitude. Elle suppose donc que l'on sait quelle est la chose qu'on entend par ces mots : mouvement, nombre, espace; et sans s'arrêter à les définir inutilement elle en pénètre la nature et en découvre les merveilleuses propriétés.

« Ces trois choses qui comprennent tout l'univers, selon ces paroles : *Deus fecit omnia in pondere, in numero, et mensura*, ont une liaison réciproque et nécessaire. Car on ne peut imaginer de mouvement sans quelque chose qui se meuve; et cette chose étant une, cette unité est l'origine de tous les nombres; et enfin, le mouvement ne pouvant être sans espace, on voit ces trois choses enfermées dans la première. Le temps même y est aussi compris; car le mouvement et le temps sont relatifs l'un à l'autre; la promptitude et la lenteur, qui sont les différences des mouvements, ayant un rapport nécessaire avec le temps. Ainsi il y a des propriétés communes à toutes ces choses, dont la connaissance ouvre l'esprit aux plus grandes merveilles de la nature [1]. »

60. « L'art de persuader, qui n'est proprement que la conduite des preuves méthodiques parfaites, consiste en

1. Pascal, *De l'Esprit géométrique*. — On réunit d'ordinaire sous ce titre commun, dans les fragments de Pascal, deux morceaux évidemment destinés à faire partie d'un même ouvrage, et que les premiers éditeurs avaient appelés : *Réflexions sur la géométrie* et *De l'Art de persuader*. Cf. Ed. Brunschvicg, 164-196.

trois parties essentielles : à définir les termes dont on doit se servir par des définitions claires; à proposer des principes ou axiomes évidents pour prouver la chose dont il s'agit; et à substituer toujours mentalement dans la démonstration les définitions à la place des définis.

« La raison de cette méthode est évidente, puisqu'il serait inutile de proposer ce qu'on veut prouver et d'en entreprendre la démonstration, si on n'avait auparavant défini clairement tous les termes qui ne sont pas intelligibles; et qu'il faut de même que la démonstration soit précédée de la demande des principes évidents qui y sont nécessaires, car si l'on n'assure le fondement on ne peut assurer l'édifice; et qu'il faut enfin, en démontrant, substituer mentalement les définitions à la place des définis puisque autrement on pourrait abuser des divers sens qui se rencontrent dans les termes.

« Il est facile de voir qu'en observant cette méthode on est sûr de convaincre, puisque les termes étant tous entendus et parfaitement exempts d'équivoques par les définitions, et les principes étant accordés, si dans la démonstration on substitue toujours mentalement les définitions à la place des définis, la force invincible des conséquences ne peut manquer d'avoir tout son effet. Aussi jamais une démonstration dans laquelle ces circonstances sont gardées n'a pu recevoir le moindre doute; et jamais celles où elles manquent ne peuvent avoir de force. Il importe donc bien de les comprendre et de les posséder; et c'est pourquoi, pour rendre la chose plus facile et plus présente, je les donnerai toutes en ce peu de règles qui enferment tout ce qui est nécessaire pour la perfection des définitions, des axiomes et des démonstrations, et par conséquent de la méthode entière des preuves géométriques de l'art de persuader....

« Règles nécessaires pour les définitions : N'admettre aucun des termes un peu obscurs ou équivoques sans définition. N'employer dans les définitions que des termes parfaitement connus ou déjà expliqués.

« Règle nécessaire pour les axiomes : Ne demander en axiomes que des choses parfaitement évidentes.

« Règles pour les démonstrations : Prouver toutes les propositions en n'employant à leur preuve que des axiomes très évidents d'eux-mêmes ou des propositions déjà démontrées ou accordées. N'abuser jamais de l'équivoque des termes, en manquant de substituer mentalement les définitions qui les restreignent et les expliquent [1]. »

Analyse et synthèse.

61. « On peut appeler généralement méthode l'art de bien disposer une suite de plusieurs pensées, ou pour découvrir la vérité quand nous l'ignorons, ou pour la prouver aux autres quand nous la connaissons déjà.

« Ainsi il y a deux sortes de méthode [2] : l'une pour découvrir la vérité, qu'on appelle *analyse* ou méthode de résolution, et qu'on peut appeler aussi méthode d'invention; et l'autre pour la faire entendre aux autres quand on l'a trouvée, qu'on appelle *synthèse* ou méthode de composition, et qu'on peut appeler aussi méthode de doctrine.

« Ces deux méthodes ne diffèrent que comme le chemin qu'on fait en montant d'une vallée en une montagne de celui qu'on fait en descendant de la montagne dans la vallée; ou comme diffèrent les deux manières dont on peut se servir pour prouver qu'une personne descend de saint Louis, dont l'une est de montrer que cette personne a tel pour père, qui était fils d'un tel, et celui-là d'un autre jusqu'à saint Louis; et l'autre, de commencer par saint Louis, et montrer qu'il a eu tels enfants, et ces enfants d'autres, en descendant jusqu'à la personne dont il s'agit. Et cet exemple est d'autant plus propre en cette rencontre qu'il est certain

1. PASCAL, *De l'Esprit géométrique*, deuxième fragment.

2. Ce que disent ici les auteurs de la *Logique de Port-Royal* n'est vrai que de la méthode dans les sciences de raisonnement pur. Celle des sciences d'expérience ou d'érudition est différente.

que pour trouver une généalogie inconnue, il faut remonter du fils au père, au lieu que pour l'expliquer, la manière la plus ordinaire est de commencer par le tronc pour en faire voir les descendants; qui est aussi ce qu'on fait d'ordinaire dans les sciences [1], où après s'être servi de l'analyse pour trouver quelque vérité, on se sert de l'autre méthode pour expliquer ce qu'on a trouvé [2]. »

62. « La méthode d'*analyse* est due aux anciens philosophes géomètres, mais elle s'applique à toutes les recherches qui sont du ressort du raisonnement pur.

« On en trouve les premières traces dans les *Éléments* d'Euclide; il ne paraît pas toutefois que ce soit à ce grand géomètre qu'on doive en attribuer l'invention; et Pappus d'Alexandrie la fait remonter à Platon, dont les ouvrages n'en font cependant aucune mention, non plus que d'une autre invention géométrique très importante qui lui est encore attribuée. Cette absence de mention ne doit pas suffire pour infirmer la croyance des savants d'Alexandrie qui n'étaient pas assez éloignés des temps de Platon et d'Euclide pour que la tradition à cet égard se fût altérée.... Il est probable que Platon, dans son enseignement oral, aura fait connaître beaucoup de choses importantes en géométrie et n'aura pas trouvé de place pour elles dans les ouvrages si considérables qu'il a écrits sur la philosophie. Un passage d'une de ses lettres prouve même que cette omission est volontaire. Ce qui augmente encore la probabilité que cette tradition n'est pas erronée, c'est que les diverses inventions

1. *D'ordinaire* seulement : car souvent on peut démontrer par une analyse; et parfois on peut découvrir par voie de synthèse, par exemple si on cherche simplement quelles sont les conséquences d'une proposition donnée, ou l'état au temps t' d'un système mécanique déterminé dont on connaît tous les éléments à un moment antérieur t.

2. *Logique de Port-Royal*, 4e partie, chap. II. — L'ouvrage connu sous ce nom, et qui a été composé par Arnauld (1612-1694) et Nicole (1625-1695), a pour titre exact : *la Logique, ou l'Art de penser*.

qu'on lui attribue ont un caractère de grandeur et de généralité conforme à ce que l'on pouvait attendre d'un esprit si profond et si élevé.

« Nous devons commencer par exposer cette méthode telle que nous la concevons.

« Lorsqu'on aura à trouver la démonstration d'une proposition énoncée, on cherchera d'abord si elle peut se déduire comme conséquence nécessaire de propositions admises, auquel cas elle devra être admise elle-même et sera par conséquent démontrée. Si l'on n'aperçoit pas de quelles propositions connues elle pourrait être déduite, on cherchera de quelle proposition non admise elle pourrait l'être, et alors la question sera ramenée à démontrer la vérité de cette dernière. Si celle-ci peut se déduire de propositions admises, elle sera reconnue vraie, et par suite la proposée; sinon on cherchera de quelle proposition non encore admise elle pourrait être déduite et la question sera ramenée à démontrer la vérité de cette dernière. On continuera ainsi jusqu'à ce que l'on parvienne à une proposition reconnue vraie; et alors la vérité de la proposée sera démontrée.

« On voit donc que cette méthode consiste à établir une chaîne de propositions commençant à celle qu'on veut démontrer, finissant à une proposition connue, et telles qu'en partant de la première, chacune soit une conséquence nécessaire de celle qui la suit; d'où il résulte que la première est une conséquence de la dernière et par conséquent vraie comme elle.

« Mais parmi les diverses propositions dont la première pourrait être déduite, laquelle faudra-t-il choisir? Même question pour chacune de celles qui composent cette chaîne. On ne peut rien dire de précis à cet égard. La suite des propositions peut être prolongée indéfiniment sans qu'on parvienne à une proposition connue, comme il est possible aussi qu'on y parvienne promptement. Cela dépend de la sagacité et de l'étendue des connaissances de celui qui cherche la démonstration.

« *Remarque*. Il est souvent plus commode de déduire une

conséquence d'une proposition, que d'en trouver une autre dont celle-ci serait la conséquence. Dans ce cas, on pourra employer la première manière de procéder pour toutes les propositions successives, ou pour quelques-unes seulement, en ayant soin de s'assurer de la réciprocité [1], car si elle n'avait pas lieu, ne fût-ce que pour deux consécutives, la seconde de ces deux pourrait être vraie sans que la première le fût, puisque le vrai peut quelquefois se déduire du faux. Il ne suffirait donc pas que la suite des propositions se terminât par une qui fût reconnue pour vraie, pour que toutes les précédentes jusqu'à la première le fussent aussi; il n'y aurait donc pas de démonstration [2]. »

63. « La *synthèse* ne diffère de l'analyse que par le renversement de l'ordre des théorèmes ou problèmes, terminés d'une part au proposé et de l'autre à quelque chose de connu....

« Cette méthode consiste à partir de propositions reconnues vraies, à en déduire d'autres comme conséquences nécessaires, de celles-ci de nouvelles, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on parvienne à la proposée, qui se trouve alors reconnue elle-même comme vraie.... D'où l'on voit que si l'on connaissait la démonstration analytique d'un théorème, on en obtiendrait immédiatement la démonstration synthétique en renversant l'ordre des propositions.

« Si l'on cherche une démonstration d'un théorème énoncé, la difficulté sera de choisir celles qu'il convient de prendre pour point de départ et pour conséquences. Et si rien ne les désigne et qu'on les prenne au hasard, on pourra faire un nombre indéfini d'essais infructueux, et un pareil procédé ne mériterait pas le nom de méthode.

1. « Lorsque deux propositions sont telles que chacune d'elles se déduit de l'autre comme conséquence nécessaire, nous disons qu'elles sont réciproques. » Il est nécessaire de le remarquer et de le définir, car cela n'arrive pas toujours. — Duhamel, I, 1, 13.

2. Duhamel, *Des Méthodes dans les sciences de raisonnement*, 1re partie, chap. v.

CHAPITRE IV

LES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Théorie générale de la méthode expérimentale. — Observation et classification. — De l'hypothèse. — De l'expérimentation. — Exemples d'expérimentation : expérience de Torricelli; expériences de M. Pasteur sur les cristaux dissymétriques; vérification de la loi de Newton. — La « Chasse de Pan ». — Considérations expérimentales spéciales aux êtres vivants. — Rapports de la méthode mathématique et de la méthode expérimentale. — Des abus de la physique mathématique. — Le progrès des sciences physiques vers l'unité.

Théorie générale de la méthode expérimentale.

65. En face d'une série de phénomènes, c'est-à-dire de sensations — car c'est à cela que se réduisent en définitive toutes les choses que nous percevons, et qui nous paraissent exister autour de nous, — l'esprit humain passe nécessairement par trois opérations successives dans la constitution de la science.

En premier lieu, il *observe*, c'est-à-dire qu'il fixe son attention sur ces sensations qu'il éprouve, et par là déploie à leur occasion une certaine activité, au lieu de demeurer dans l'état passif où il se trouvait tout d'abord à leur égard. Un sauvage se cache quand il tonne; un savant s'applique au contraire à discerner

de son mieux les caractères du bruit qu'il entend, et les formes de l'éclair qu'il aperçoit. Pour rendre l'observation fructueuse, il faut la faire avec ordre et méthode; et le meilleur moyen pour atteindre ce but est l'emploi de la *classification*, qui rapproche les êtres ou les faits semblables, les distribue en groupes, permet de les retrouver à volonté sans les confondre, et par conséquent donne à l'observation la stabilité nécessaire pour servir de point de départ à de nouvelles recherches.

Il faut en second lieu faire une *hypothèse* : c'est l'acte d'imagination consistant à supposer entre les faits observés quelque rapport qui nous paraît vraisemblable. Il faut, disait Descartes, « supposer de l'ordre même entre les objets qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres[1] ». L'observation en effet peut bien nous montrer ce qui s'est passé dans certains cas, mais non pas ce qui doit se passer dans tous. Les lois des phénomènes ne tombent pas sous les sens; il faut les deviner d'abord; la nature, comme le sphinx, ne livre ses secrets qu'à ce prix. C'est ainsi que Képler a supposé pour des raisons toutes métaphysiques, que les astres devaient obéir dans leurs mouvements à certaines lois qui portent aujourd'hui son nom, et plus tard seulement il a vérifié par les faits ce qui n'était d'abord qu'une vue de son imagination. Descartes médite en philosophe sur ce fait que les phénomènes se produisent d'ordinaire suivant la ligne de moindre résistance; il a l'idée de chercher si la lumière ne se comporterait pas aussi de cette manière; et il

1. *Discours de la Méthode*, 2e partie, règle III.

découvre les lois de la réfraction. Pasteur s'occupait des fermentations; il lui vient à l'esprit que certaines maladies présentent avec elles des analogies : ne seraient-elles pas dues à des êtres organisés comme ceux dont on admettait l'existence dans les ferments? Il expérimente, et fonde la théorie microbienne. Toutes les découvertes, grandes ou petites, ont eu leur germe dans une hypothèse.

Mais on ne peut évidemment se contenter de ce germe. Pour une hypothèse vraie, l'esprit humain, toujours en quête de science, fait aisément dix hypothèses fausses. Il faut donc discerner le bon grain de l'ivraie. C'est l'œuvre de l'*expérimentation*. Toute hypothèse emporte avec elle un certain nombre de conséquences; et si la relation, la loi supposée qui constitue cette hypothèse, étant chose abstraite, ne peut pas tomber elle-même sous nos sens, — ses conséquences, qui sont des phénomènes concrets, peuvent être soumises au contrôle de l'observation. Si elles se produisent, l'hypothèse est bonne. Si elles ne se produisent pas, elle est fausse. Après l'art de faire des hypothèses ingénieuses, la plus grande qualité du savant est donc de savoir choisir les conséquences dont la présence ou l'absence mettront dans tout son jour la justesse ou la fausseté de son hypothèse, c'est-à-dire de savoir instituer des expériences décisives.

L'expérimentation, par conséquent, est le dernier terme de la méthode expérimentale, et pour ainsi dire la synthèse des deux autres; car elle consiste dans une observation, comme le premier moment de cette méthode; mais elle en diffère parce qu'elle est une

observation combinée et dirigée en vue d'un certain but : la vérification d'une hypothèse.

66. Bien que les trois opérations que nous venons d'indiquer suffisent à constituer la vérité, on peut ajouter que la science de la nature trouve son couronnement dans une opération supérieure, et qui sert de transition entre la méthode expérimentale et la méthode déductive. Il arrive en effet qu'après avoir établi isolément un certain nombre de lois à l'aide de l'induction, ces résultats indépendants présentent entre eux des rapports imprévus qui permettent de les regarder tous comme les corollaires d'un principe unique, dont on ne s'était pas avisé jusque-là. Cette concordance non cherchée est la preuve la plus sûre que les hypothèses de détail étaient justes, et les expériences bien conduites. On peut alors partir de ce principe unique pour en déduire les conclusions qu'il contient, comme font les mathématiciens dans leur science; et comme rien ne nous empêche de concevoir que le temps et l'expérience ne permettent aux hommes de découvrir ainsi des principes de plus en plus généraux, mais cependant assez précis pour permettre la déduction, les sciences physiques peuvent par degrés se rapprocher des sciences mathématiques, en leur empruntant de plus en plus leurs méthodes et leurs procédés, comme il arrive dès à présent dans une très large mesure pour l'optique, la thermo-dynamique, l'acoustique, la plus grande partie des autres théories physiques, et même un grand nombre de questions appartenant au domaine de la chimie.

« Toutes les propriétés physiques bien rapprochées ne nous offrent à proprement parler qu'une connaissance simple et unique. Si d'autres, en plus grand nombre, sont détachées pour nous et forment des vérités différentes, c'est à la faiblesse de nos lumières que nous devons ce triste avantage; et l'on peut dire que notre abondance à cet égard est l'effet de notre indigence même. Les corps électriques, dans lesquels on a découvert tant de propriétés singulières, mais qui ne paraissent pas tenir l'une à l'autre, sont peut-être en un sens les moins connus parce qu'ils paraissent l'être davantage. Cette vertu qu'ils acquièrent étant frottés d'attirer de petits corpuscules, et celle de produire dans les animaux une commotion violente sont deux choses pour nous. C'en serait une seule si nous pouvions remonter à la première cause. L'univers, pour qui saurait l'embrasser d'un seul point de vue, ne serait, s'il est permis de le dire, qu'un fait unique et une grande vérité [1]. »

Observation et classification.

67. Reprenons en détail les différents moments qui constituent la méthode expérimentale.

S'il est nécessaire d'avoir une hypothèse pour faire de bonnes expériences, il est nécessaire au contraire de bannir soigneusement toute idée préconçue quand on veut obtenir une bonne observation.

L'esprit doit s'exercer sur les faits quand il les possède, mais non les inventer. — Ce n'est pas à dire pour cela qu'il doive demeurer passif dans l'observation, et se contenter de se laisser aller au flot des sensations extérieures : l'attention qu'il leur prête, et qui lui permet de les bien discerner, est une activité tout aussi

1. D'Alembert, Préface de l'*Encyclopédie*, 48.

réelle, bien que moins apparente, que celle qui consiste dans des manipulations mécaniques. Une observation bien faite, dit Herschel, comprend deux parties : la description exacte du phénomène observé; la remarque détaillée et complète de toutes les particularités avoisinantes qu'on peut supposer avoir quelque rapport avec lui. C'est pourquoi nous devons avoir soin, quand nous observons, de « tenir tous nos sens en activité », afin que rien de ce qui peut les affecter ne nous échappe. « Si le tonnerre, par exemple, frappait la maison que nous habitons, il faudrait noter quelle espèce de feu nous avons vu, si c'est une flamme, des étincelles ou un zigzag brisé, quelle direction il affectait, à quels objets il s'attachait, quelle était sa couleur, quelle a été sa durée, etc. Il faudrait indiquer l'espèce de son qu'il faisait entendre, si c'était une explosion, un bruissement, un éclat passager, s'il a crû, s'il s'est affaibli par degrés. Il faudrait dire s'il répandait de l'odeur et s'il en exhalait, faire connaître si elle était sulfureuse, métallique, ou si elle était simplement le produit des substances qui ont été consumées. Il faut enfin indiquer si l'on a éprouvé quelque choc, quelque sensation particulière; senti dans la bouche quelque saveur étrange. Il faut encore, outre les effets du choc, exposer toutes les circonstances qui ont pu l'attirer, le produire, le modifier, telles que la présence de conducteurs, les objets environnants, l'état de l'atmosphère, les données du baromètre, celles du thermomètre, la disposition des nuages. Ces diverses circonstances connues, reste la question de savoir comment la maison a été frappée, car enfin elle peut

l'avoir été parce qu'un éclair a jailli à une assez grande distance de la terre aux nuages par suite de ce qu'on appelle choc en retour [1]. »

Un grand progrès a été réalisé dans l'observation par l'emploi des *appareils enregistreurs* dont le premier type (un anémomètre enregistreur) a été construit par D'Ons-en-Bray, directeur général des postes sous Louis XIV, et grand amateur de curiosités mécaniques. Ils sont aujourd'hui très nombreux et très variés; il n'est presque aucune branche de l'investigation scientifique qui ne les utilise; ils ont été particulièrement appliqués d'une façon très fructueuse à l'analyse des mouvements de locomotion, de course, de vol [2]; à la météorologie; aux recherches psychophysiques; et même aux études linguistiques [3]. Il faut en rapprocher l'emploi toujours croissant des documents photographiques, qui remplacent avec avantage les anciennes descriptions, non seulement pour les objets visibles à l'œil nu, mais pour les images microscopiques et télescopiques (carte photographique du ciel), et pour beaucoup de radiations qu'elles permettent de rendre sensibles et de fixer chimiquement alors que notre œil est incapable de les saisir. Les progrès récents qui viennent d'être réalisés dans la photographie des couleurs permettent d'espérer encore une nouvelle extension de ce procédé déjà si utile.

Les appareils enregistreurs, en effet, outre leurs

1. Herschel, *Philosophie naturelle*, 2e partie, chap. IV.
2. Voir Marey, *La méthode graphique dans les sciences expérimentales*, 1878.
3. Rousselot, *Principes de phonétique expérimentale*, 1897.

avantages de sensibilité et de présence continuelle, ont encore deux grands avantages qu'on pourrait presque appeler intellectuels : une impartialité absolue et, pour la plupart d'entre eux, un classement automatique des observations, qui permet d'en voir immédiatement le résultat synthétique. De plus, la méthode d'*inscription simultanée* de plusieurs phénomènes sur une même feuille permet une comparaison directe et continue qui est très propre à mettre en lumière le rapport des faits observés [1].

68. Or, la seconde étape de la recherche scientifique consiste précisément à élaborer les faits, c'est-à-dire à les mettre en ordre pour les rendre accessibles à notre entendement. Ce premier travail, complément essentiel de l'observation, consiste à *classer* les êtres ou les propriétés que nous avons d'abord observés. — La classification peut paraître au premier coup d'œil un instrument de travail propre aux seules sciences naturelles : en effet, ce sont elles qui en font le plus grand usage, et d'autre part ces mêmes sciences ne sont pas encore assez avancées dans la connaissance de leur objet pour employer les procédés supérieurs de la méthode, inductifs ou mathématiques. De plus le classement des êtres vivants présente un intérêt très vif à cause des questions d'origine qu'il soulève, comme celles du transformisme, de l'unité ou de la pluralité des espèces, des rapports de l'organique et de l'inor-

1. Cet avantage se retrouve dans la méthode graphique indirecte (courbes isobares de la carte météorologique, courbe des températures dans une maladie, etc.)

ganique. Mais cette opération n'en reste pas moins commune à toute la méthode inductive, quel qu'en soit l'objet; il n'y a entre les différentes sciences de la nature, sur ce point, qu'une différence d'avancement. En réalité, toutes commencent par classer avant d'expliquer. Il y a même de la classification dans la division des figures et des courbes mathématiques, puisqu'on les réunit en *familles*; il y en a dans la répartition des phénomènes physiques en classes diverses : lumière, chaleur, électricité; enfin la chimie, dans sa nomenclature, en présente un exemple tout à fait caractéristique et qui démontre bien, par les progrès qu'il a permis, l'utilité générale de cette opération.

69. « Aussitôt que l'homme a acquis un certain nombre de notions sur quelque objet que ce soit, il est porté naturellement à les disposer dans un ordre déterminé pour les mieux posséder, les retrouver, les communiquer au besoin. Telle est l'origine des classifications qui non seulement procurent à l'homme les avantages dont nous venons de parler, mais encore contribuent à augmenter la somme de ses connaissances relatives à chacun des objets dont il s'occupe, en l'obligeant à considérer cet objet sous différentes faces et en lui faisant découvrir de nouveaux rapports que sans cela il aurait pu ne pas apercevoir.

« On a distingué deux sortes de classifications : les *naturelles* et les *artificielles*. Dans ces dernières, quelques caractères choisis arbitrairement servent à déterminer la place de chaque objet; on y fait abstraction des autres, et les objets se trouvent par là même rapprochés ou éloignés souvent de la manière la plus bizarre. Dans les classifications naturelles, au contraire, on emploie concurremment tous les caractères essentiels aux objets dont on s'occupe, en discutant l'importance de chacun d'eux; et les résultats de ce travail ne sont adoptés qu'autant que les objets qui présentent le plus d'analogie se trouvent toujours les plus rapprochés, et que les groupes des divers ordres qui en sont formés se trouvent aussi d'autant plus voisins qu'ils offrent des caractères plus semblables, de manière qu'il y ait toujours une sorte de passage plus ou moins marqué de chaque groupe au groupe qui le suit.

« Par cela même que les classifications artificielles reposent sur des caractères dont le choix est arbitraire, on peut en imaginer à volonté. Mais ces différents systèmes, qui se succèdent et s'effacent comme les flots de la mer, loin de contribuer au progrès des sciences, ne servent trop souvent qu'à y porter une confusion fâcheuse. Leur principal inconvénient est de disposer ceux qui les suivent à n'examiner dans les objets que ce qui se rapporte au mode de classification qu'ils ont adopté. C'est ainsi que les disciples de Linné ne tenaient souvent compte, dans leurs descriptions des animaux et des végétaux, que des caractères relatifs au système de leur maître. Au contraire les classifications naturelles, précisément parce qu'elles emploient tous ceux qu'offrent ces objets, exigent qu'on en considère toutes les faces, qu'on en étudie tous les rapports, et conduisent ainsi à la connaissance la plus complète qu'il soit donné à l'homme d'atteindre.

« Mais cette nécessité même d'étudier à fond les objets dont on s'occupe fait qu'à mesure qu'on découvre de nouveaux rapports il faut modifier les classifications, modifications qui tendent de plus en plus à les rapprocher de la perfection, à laquelle elles ne pourraient parvenir que si l'homme n'ignorait rien de tout ce qui est relatif aux objets classés.... Je me bornerai à remarquer combien la marche de celui qui cherche à faire une classification vraiment naturelle, diffère de la marche suivie par l'auteur d'une classification artificielle. Ce dernier, maître des caractères d'après lesquels il l'établit, choisit d'abord ceux des premières divisions et ensuite ceux d'après lesquels il forme leurs subdivi-

Exemple des modifications successives d'une classification naturelle. — Le règne animal.

CLASSIFICATION DE LINNÉ	CLASSIFICATION DE CUVIER		CLASSIFICATION ACTUELLE	
I. Mammalia	Mammifères	I. Vertébrés	I. Vertébrés	Mammifères
II. Aves	Oiseaux			Oiseaux
III. Amphibia	Reptiles			Reptiles
IV. Pisces	Batraciens			Batraciens
	Poissons			Poissons
V. Insecta	II. Articulés		II. Arthropodes	
			III. Vers	
VI. Vermes	III. Mollusques		IV. Tuniciers	
			V. Mollusques	
	IV. Zoophytes		VI. Échinodermes	
			VII. Cœlentérés	
			VIII. Spongiaires	
			IX. Protozoaires	Infusoires
				Rhizopodes

sions successives; l'autre, au contraire, doit commencer par les dernières subdivisions, composées d'individus moins nombreux et dont les analogies sont plus frappantes et plus aisées à déterminer. En réunissant celles de ces subdivisions qui se rapprochent le plus, il établit les divisions de l'ordre précédent et n'arrive ainsi qu'en dernier lieu aux grandes divisions par lesquelles le premier avait commencé. Ce n'est qu'après ce travail qu'il doit chercher à déterminer les caractères par lesquels il définira chaque groupe, de même que ce ne fut qu'après la distribution en familles naturelles, faite par Bernard de Jussieu, des genres déjà formés par Linné et ses prédécesseurs, qu'on dut s'occuper de la classification de ces familles, et chercher dans le nombre des cotylédons, dans l'insertion des étamines, dans la présence ou l'absence de la corolle, les caractères d'après lesquels on devait définir les groupes composant cette classification [1]. »

L'hypothèse.

70. « Toute l'initiative expérimentale est dans l'idée, car c'est elle qui provoque l'expérience. La raison ou le raisonnement ne servent qu'à déduire les conséquences de cette idée et à les soumettre à l'expérience.

« Une idée anticipée ou une hypothèse est donc le point de départ nécessaire de tout raisonnement expérimental. Sans cela on ne saurait faire aucune investigation ni s'instruire; on ne pourrait qu'entasser des observations stériles. Si l'on *expérimentait* sans idée préconçue, on irait à l'aventure; mais d'un autre côté, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, si l'on *observait* avec des idées préconçues, on ferait de mauvaises observations et l'on serait exposé à prendre les conceptions de son esprit pour la réalité.

« Les idées expérimentales, comme nous le verrons plus tard, peuvent naître soit à propos d'un fait observé par

1. A.-M. Ampère, *Essai sur la philosophie des sciences.* Introduction, § 1 et 2.

hasard, soit à la suite d'une tentative expérimentale, soit comme corollaires d'une théorie admise. Ce qu'il faut seulement noter pour le moment, c'est que l'idée expérimentale n'est point arbitraire ni purement imaginaire; elle doit avoir toujours un point d'appui dans la réalité observée, c'est-à-dire dans la nature. L'hypothèse expérimentale, en un mot, doit toujours être fondée sur une *observation* antérieure.

« Il n'y a pas de règles à donner pour faire naître dans le cerveau, à propos d'une observation donnée, une idée juste et féconde qui soit pour l'expérimentateur une sorte d'anticipation intuitive de l'esprit vers une recherche heureuse. L'idée une fois émise, on peut seulement dire comment il faut la soumettre à des préceptes définis et à des règles logiques précises dont aucun expérimentateur ne saurait s'écarter; mais son apparition a été toute spontanée, et sa nature est tout individuelle. C'est un sentiment particulier, un *quid proprium* qui constitue l'originalité, l'invention ou le génie de chacun. Une idée neuve apparaît comme une relation nouvelle ou inattendue que l'esprit aperçoit entre les choses. Toutes les intelligences se ressemblent sans doute et des idées semblables peuvent naître chez tous les hommes, à l'occasion de certains rapports simples des objets que tout le monde peut saisir. Mais comme les sens, les intelligences n'ont pas toutes la même puissance ni la même acuité, et il est des rapports subtils et délicats qui ne peuvent être sentis, saisis et dévoilés que par des esprits plus perspicaces, mieux doués ou placés dans un milieu intellectuel qui les prédispose d'une manière favorable.

« La méthode expérimentale ne donnera donc pas des idées neuves et fécondes à ceux qui n'en ont pas; elle servira seulement à diriger les idées chez ceux qui en ont, et à les développer afin d'en retirer les meilleurs résultats possible. L'idée, c'est la graine; la méthode, c'est le sol qui lui fournit les conditions de se développer, de prospérer et de donner les meilleurs fruits suivant sa nature. Mais de même qu'il ne poussera jamais dans le sol que ce qu'on y sème, de même il ne se développera par la méthode expérimentale

que les idées qu'on lui soumet. La méthode par elle-même n'enfante rien, et c'est une erreur de certains philosophes d'avoir accordé trop de puissance à la méthode sous ce rapport.

« Les hommes qui ont le pressentiment des vérités nouvelles sont rares; dans toutes les sciences, le plus grand nombre des hommes développe et poursuit les idées d'un petit nombre d'autres. Ceux qui font des *découvertes* sont les promoteurs d'idées neuves et fécondes. On donne généralement le nom de découverte à la connaissance d'un fait nouveau; mais je pense que c'est l'idée qui se rattache au fait découvert qui constitue en réalité la découverte. Les faits ne sont ni grands ni petits par eux-mêmes. Une grande découverte est un fait qui, en apparaissant dans la science, a donné naissance à des idées lumineuses, dont la clarté a dissipé un grand nombre d'obscurités et montré des voies nouvelles. Il y a d'autres faits qui, bien que nouveaux, n'apprennent que peu de choses; ce sont alors de petites découvertes. Enfin il y a des faits nouveaux qui, quoique bien observés, n'apprennent rien à personne; ils restent, pour le moment, isolés et stériles dans la science; c'est ce qu'on pourrait appeler le fait brut ou le fait brutal.

« La découverte est donc l'*idée neuve* qui surgit à propos d'un fait trouvé par hasard ou autrement. Par conséquent, il ne saurait y avoir de méthode pour faire des découvertes, parce que les théories philosophiques ne peuvent pas plus donner le sentiment inventif et la justesse de l'esprit à ceux qui ne les possèdent pas, que la connaissance des théories acoustiques ou optiques ne peut donner une oreille juste ou une bonne vue à ceux qui en sont naturellement privés. Seulement les bonnes méthodes peuvent nous apprendre à développer et à mieux utiliser les facultés que la nature nous a dévolues, tandis que les mauvaises méthodes peuvent nous empêcher d'en tirer un heureux profit. C'est ainsi que le génie de l'invention, si précieux dans les sciences, peut être diminué ou même étouffé par une mauvaise méthode, tandis qu'une bonne méthode peut l'accroître et le dévelop-

per. En un mot, une bonne méthode favorise le développement scientifique et prémunit le savant contre les causes d'erreurs si nombreuses qu'il rencontre dans la recherche de la vérité; c'est là le seul objet que puisse se proposer la méthode expérimentale [1]. »

L'expérimentation.

71. « La première condition que doit remplir un savant qui se livre à l'investigation dans les phénomènes naturels, c'est de conserver une entière liberté d'esprit assise sur le doute philosophique. Il ne faut pourtant point être sceptique; il faut croire à la science, c'est-à-dire au déterminisme, au rapport absolu et nécessaire des choses [2], aussi bien dans les phénomènes propres aux êtres vivants que dans tous les autres; mais il faut en même temps être bien convaincu que nous n'avons ce rapport que d'une manière plus ou moins approximative, et que les théories que nous possédons sont loin de représenter des vérités immuables. Quand nous faisons une théorie générale dans nos sciences, la seule chose dont nous soyons certains, c'est que toutes ces théories sont fausses, absolument parlant. Elles ne sont que des vérités partielles et provisoires qui nous sont nécessaires, comme des degrés sur lesquels nous nous reposons, pour avancer dans l'investigation; elles ne représentent que

1. Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, II, 2. J.-B. Baillière, 1865.

Claude Bernard (1813-1878), professeur de physiologie à la Faculté des sciences, puis au Collège de France, enfin au Muséum; membre de l'Académie des sciences, de l'Académie française et de l'Académie de médecine. Il était également sénateur. Ses travaux de physiologie sont très nombreux : outre l'*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, il a écrit les *Leçons de physiologie expérimentale*, *Leçons sur les toxiques*, *Leçons sur le système nerveux*, *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*, *De la physiologie générale*, *Leçons sur les anesthésiques*, *Leçon sur la chaleur animale*, etc.; enfin un ouvrage intitulé *la Science expérimentale*, qu'il ne faut pas confondre avec l'*Introduction*.

2. C'est le principe de Descartes déjà énoncé [65].

l'état actuel de nos connaissances, et par conséquent, elles devront se modifier avec l'accroissement de la science, et d'autant plus souvent que les sciences sont moins avancées dans leur évolution. D'un autre côté, nos idées, ainsi que nous l'avons dit, nous viennent à la vue des faits qui ont été préalablement observés et que nous interprétons ensuite. Or des causes d'erreurs sans nombre peuvent se glisser dans nos observations, et, malgré toute notre attention et notre sagacité, nous ne sommes jamais sûrs d'avoir tout vu, parce que souvent les moyens de constatation nous manquent ou sont trop imparfaits. De tout cela il résulte donc que, si le raisonnement nous guide dans la science expérimentale, il ne nous impose pas nécessairement ses conséquences. Notre esprit peut toujours rester libre de les accepter ou de les discuter. Si une idée se présente à nous, nous ne devons pas la repousser par cela seul qu'elle n'est pas d'accord avec les conséquences logiques d'une théorie régnante. Nous pouvons suivre notre sentiment et notre idée, donner carrière à notre imagination, pourvu que toutes nos idées ne soient que des prétextes à instituer des expériences nouvelles qui puissent nous fournir des faits probants ou inattendus et féconds....

« Le grand principe expérimental est donc le doute, le doute philosophique qui laisse à l'esprit sa liberté et son initiative, et d'où dérivent les qualités les plus précieuses pour un investigateur en physiologie et en médecine. Il ne faut croire à nos observations, à nos théories, que sous bénéfice d'inventaire expérimental. Si l'on croit trop, l'esprit se trouve lié et rétréci par les conséquences de son propre raisonnement; il n'a plus de liberté d'action et manque par suite de l'initiative que possède celui qui sait se dégager de cette foi aveugle dans les théories, qui n'est au fond qu'une superstition scientifique....

« Dans l'éducation scientifique, il importerait beaucoup de distinguer, ainsi que nous le ferons plus loin, le déterminisme, qui est le principe absolu de la science, d'avec les théories qui ne sont que des principes relatifs auxquels on

ne doit accorder qu'une valeur provisoire dans la recherche de la vérité. En un mot, il ne faut point enseigner les théories comme des dogmes ou des articles de foi. Par cette croyance exagérée dans les théories, on donnerait une idée fausse de la science, on surchargerait et l'on asservirait l'esprit en lui enlevant sa liberté et étouffant son originalité, et en lui donnant le goût des systèmes....

« En résumé, il y a deux choses à considérer dans la science expérimentale : la méthode et l'idée. La méthode a pour objet de diriger l'idée qui s'élance en avant dans l'interprétation des phénomènes naturels et dans la recherche de la vérité. L'idée doit toujours rester indépendante, et il ne faut point l'enchaîner, pas plus par des *croyances scientifiques* que par des croyances philosophiques ou religieuses; il faut être hardi et libre dans la manifestation de ses idées, suivre son sentiment et ne point trop s'arrêter à ces craintes puériles de la contradiction des théories. Si l'on est bien imbu des principes de la méthode expérimentale, on n'a rien à craindre; car, tant que l'idée est juste, on continue à la développer; quand elle est erronée, l'expérience est là pour la rectifier. Il faut donc savoir trancher les questions, même au risque d'errer. On rend plus de service à la science, a-t-on dit, par l'erreur que par la confusion; ce qui signifie qu'il faut pousser sans crainte les idées dans tout leur développement pourvu qu'on les règle et que l'on ait toujours soin de les juger par l'expérience. L'idée, en un mot, est le mobile de tout raisonnement en science comme ailleurs. Mais partout l'idée doit être soumise à un critérium. En science, ce critérium est la méthode expérimentale ou l'expérience, ce critérium est indispensable, et nous devons l'appliquer à nos propres idées comme à celle des autres [1]. »

Exemple d'expérimentation.

72. « Les physiciens du moyen âge enseignaient d'après

1. Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine*, II, 3.

Aristote que l'air est pesant relativement au feu, léger relativement à l'eau et à la terre, et que le vide est impossible dans la nature. On ajoutait que la nature avait recours à différents moyens pour empêcher le vide, dont elle a horreur *parce qu'il tend à sa destruction*. Galilée, qui a combattu partout les principes de la physique péripatéticienne, écrivait dans le grand ouvrage où il a fondé la Dynamique, les *Dialogues sur les sciences nouvelles*, publiés en 1638, que la légèreté ne se rencontre peut-être en aucun corps matériel; et il cite deux expériences par lesquelles il avait cru démontrer que l'air est absolument pesant et que son poids est $\frac{1}{400}$ du poids de l'eau.

« On avait fait fabriquer une pompe aspirante pour tirer de l'eau d'une citerne avec moins de fatigue que par le moyen des seaux dont on se servait ordinairement. Tant que l'eau était à une certaine hauteur, elle était tirée en abondance, mais quand l'eau descendait à un certain niveau, la pompe ne travaillait plus. « Je crus d'abord — dit un des personnages du dialogue de Galilée en rapportant ce fait — que le piston était endommagé et j'invitai le maître fontainier à le raccommoder. Celui-ci me dit que le piston n'était nullement endommagé, mais que l'eau était descendue trop bas pour pouvoir être élevée à cette hauteur; il ajouta qu'il n'était pas possible, ni avec les pompes, ni avec les autres machines qui font monter l'eau par attraction, de la faire monter un cheveu plus haut que 18 brasses, que les pompes soient larges ou étroites, parce que c'est là mesure de la plus grande hauteur. — Et moi qui sais qu'une corde, une masse de bois, une verge de fer peut s'allonger tant et tant qu'à la fin elle se brise par son propre poids, j'ai été jusqu'ici assez peu avisé pour n'avoir pas pensé qu'il en serait de même, à plus forte raison, d'une corde ou verge d'eau! — Qu'est-ce qui est attiré dans la pompe, si ce n'est un cylindre d'eau qui, attaché par en haut et de plus en plus allongé, arrive enfin à une limite au delà de laquelle, tiré par son propre poids devenu excessif, il se casse tout comme si c'était une corde? Il en arriverait de même, à

mon avis, pour d'autres liquides, comme le vif-argent, le vin, l'huile, etc. Ils se briseraient à une hauteur plus ou moins grande que 18 brasses, en proportion inverse de leur pesanteur spécifique comparée à celle de l'eau, en mesurant ces hauteurs toujours perpendiculairement [1]. »

« Torricelli, en réfléchissant sur le passage de Galilée, comprit ce que Galilée n'avait pas dit expressément, qu'au delà de 18 brasses, si l'on tirait encore le piston, il devrait y avoir un espace vide entre la surface inférieure du piston et la surface supérieure de l'eau, et il pensa qu'en prenant, suivant l'indication de Galilée, du vif-argent au lieu d'eau on pourrait produire ce vide dans un tube de verre plus commodément qu'avec de l'eau dans une pompe. Il communiqua ces idées à Viviani, qui les mit à exécution. L'expérience réussit.

« Torricelli comprit aussi [2] que le poids de l'air devait être la cause qui soutenait le mercure dans le tube, et il écrivit à son ami et élève, Michel-Ange Ricci, à Rome, la lettre suivante, datée du 11 juin 1644.

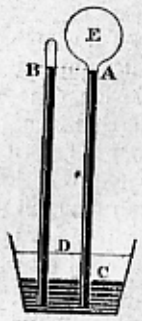
« ... J'ai déjà annoncé à Votre Seigneurie qu'il se faisait une expérience de physique sur le vide, non pas pour faire simplement le vide, mais pour avoir un instrument qui pût indiquer les changements de l'air, tantôt plus lourd et plus épais, tantôt plus léger et plus subtil. Beaucoup de gens ont dit qu'il ne peut pas se produire de vide, d'autres qu'il peut se produire, mais non sans résistance de la nature et sans fatigue. Je ne sache pas que personne ait dit qu'il pût se produire du vide sans fatigue et sans résistance aucune de la nature. J'ai raisonné ainsi : *si je trouvais* une cause manifeste d'où dérive la résistance que l'on sent quand on veut faire le vide, il serait inutile, ce me semble, de chercher à

1. Galileo Galilei, *Dialoghi delle scienze nuove*. Œuvres complètes, édition Alberi, XIII, 20.

2. Il serait peut-être plus exact de dire *supposa* ou *devina*, car c'est ici proprement ce qui a constitué l'hypothèse de cette expérience, comme le prouvent les mots soulignés dans la suite de cette lettre.

attribuer au vide un effet qui dérive évidemment d'une autre cause.... Or nous vivons submergés au fond d'un océan d'air, et nous savons par des expériences indubitables que l'air est pesant, et même que cet air épais qui est près de la surface de la terre pèse environ $\frac{1}{400}$ du poids de l'eau. D'autre part, les auteurs qui ont parlé du crépuscule ont observé que l'air visible et chargé de vapeur s'élève au-dessus de nous à près de 50 ou 54 milles; ce que je crois exagéré, parce que je pourrais montrer que le vide devrait faire alors beaucoup plus de résistance qu'il ne fait; mais ils ont une échappatoire, ils peuvent dire que le poids dont parle Galilée doit s'entendre de la région la plus basse de l'air où vivent les hommes et les animaux, mais que sur la cime des hautes montagnes l'air commence à être très pur et pèse beaucoup moins que $\frac{1}{400}$ du poids de l'eau.

« Nous avons fait beaucoup de tubes de verre, comme ceux qui sont désignés par les lettres A et B, gros et longs de deux brasses. Ces tubes, étant remplis de vif-argent, se vidaient sans que rien y entrât; et pourtant le tube AC restait plein jusqu'à la hauteur d'une brasse et un doigt en sus. Pour montrer que le tube était parfaitement vide, on remplissait d'eau jusqu'en D le bassin inférieur, et en élevant petit à petit le tube, quand l'extrémité inférieure arrivait à l'eau, on voyait le vif-argent descendre du tube et l'eau le remplir avec une impétuosité effrayante jusqu'en E. — Quand la partie AE du tube était vide et que le vif-argent se soutenait, bien que fort lourd, dans AC, voici comment on raisonnait : jusqu'ici on a cru que la force qui empêche le vif-argent de retomber est intérieure à AE et provient du vide [1]: mais je prétends que la force vient du dehors.



1. Nous supprimons ici quelques mots obscurs et sujets à contestation.

Sur la surface du liquide qui est dans le bassin pèse une quantité d'air qui a 50 milles de hauteur. Est-il étonnant que le vif-argent, qui n'a ni inclination ni répugnance pour le tube CE, y entre et s'y élève jusqu'à ce qu'il fasse équilibre au poids de l'air extérieur qui le pousse? L'eau dans un tube semblable, mais beaucoup plus long, s'élèvera jusqu'à près de dix-huit brasses (c'est-à-dire d'autant plus haut que le vif-argent est plus lourd que l'eau) pour faire équilibre à la même cause qui agit sur l'un et sur l'autre.

« Ce raisonnement a été confirmé par l'expérience faite en même temps au moyen du tube A et du tube B, où le vif-argent s'arrêtait toujours à la même ligne horizontale AB; signe presque certain que la force n'est pas intérieure; car il y aurait eu une force d'attraction plus grande dans le tube AE, où il y avait plus de matière raréfiée et attirante, beaucoup plus énergique, à cause de son degré de raréfaction, que celle qui était enfermée dans le très petit espace B.

« J'ai cherché à résoudre avec ce principe toutes les difficultés qui se rencontrent dans les différents effets attribués au vide, et je n'ai jusqu'à présent rien rencontré qui ne marchât bien. Il se présentera sans doute beaucoup d'objections à l'esprit de Votre Seigneurie, mais j'espère qu'en y pensant elle les résoudra. — Je n'ai pu réussir dans ce qui était mon but principal, à savoir de connaître au moyen de l'instrument EC quand l'air est plus épais et plus lourd, et quand il est plus subtil et plus léger. Le niveau AB change pour une autre cause à laquelle je ne me serais pas attendu, par le froid et le chaud, et très sensiblement, tout comme si l'espace AE était rempli d'air.

« Je présente à Votre Seigneurie mes humbles respects [1]. »

1. *Journal de physique*, 1872, t. I, 172. Extrait d'une note de M. Ch. Thurot sur l'expérience de Torricelli. — Il est assez curieux de remarquer l'échec de ce savant dans l'emploi de son tube pour l'usage barométrique auquel il le destinait et auquel il a été employé couramment depuis son époque.

Autre exemple.

73. A l'époque où M. Pasteur était encore élève de l'École normale, et s'y occupait particulièrement de chimie, sous la direction de M. Delafosse, l'Académie des sciences reçut du minéralogiste Mitscherlich, de Berlin, une note singulière et bien faite pour étonner un esprit précis et déjà pénétré de cette vérité qu'il n'y a pas en science de fait irrationnel [3]. Voici quelle était la note du savant allemand :

« Le paratartrate et le tartrate de soude et d'ammoniaque ont la même composition chimique, la même forme cristalline avec les mêmes angles, le même poids spécifique, le même angle des axes optiques. Dissous dans l'eau, leur réfraction est la même. Mais le tartrate dissous tourne le plan de la lumière polarisée et le paratartrate est indifférent, comme M. Biot l'a trouvé pour toute la série de ces deux genres de sels. Mais ici la nature et le nombre des atomes, leur arrangement et leurs distances sont les mêmes dans les deux corps comparés. »

Si tous les caractères optiques et cristallographiques de ces deux sels étaient identiquement les mêmes, sauf un seul, le principe de raison suffisante était violé. La différence entre le tartrate et le paratartrate, au point de vue de leur action sur la lumière polarisée, était un phénomène sans cause, partant inintelligible. Il fallait donc que les principes rationnels eussent tort, ce qui était impossible; ou bien que toutes les découvertes de Haüy et de Dumas sur l'arrangement des molécules dans les cristaux fussent fausses, ce qui était extrêmement invraisemblable; ou bien enfin que la différence

d'action des deux corps fût expliquée par une différence de leur constitution géométrique, qui aurait échappé à Mitscherlich. C'est ce que M. Pasteur entreprit de démontrer. Il venait d'être nommé agrégé préparateur à ce laboratoire de l'École normale qu'il devait plus tard rendre si célèbre; et pour éclaircir la difficulté qui l'arrêtait, il se mit à refaire toutes les expériences de cristallographie de M. de la Provostaye sur l'acide tartrique, l'acide paratartrique et leurs combinaisons salines.

Un fait inaperçu jusque-là le frappa. En examinant avec soin de beaux cristaux d'acide tartrique qu'il avait obtenus, il reconnut qu'ils étaient tous de forme *dissymétrique* et qu'il en était de même de tous les composés de cet acide. Au contraire l'acide paratartrique et tous ses dérivés présentaient des cristaux symétriques.

« Ce double résultat transporta de joie M. Pasteur », raconte un écrivain bien connu qui a voulu garder l'anonyme pour écrire la biographie de ce grand savant. « Il y vit la possibilité d'atteindre par l'expérience l'explication de la difficulté que la note de Mitscherlich avait jetée en quelque sorte comme un défi à la science en signalant une différence optique entre deux combinaisons chimiques qui paraissaient devoir être rigoureusement identiques par l'ensemble de tous leurs autres caractères. Puisque, se disait M. Pasteur, je trouve l'acide tartrique et tous ses tartrates dépourvus de plan de symétrie, tandis que son isomère, l'acide paratartrique, et ses combinaisons ont un tel plan, je vais m'empresser de préparer le tartrate et le paratartrate de la note de Mitscherlich, je comparerai leurs formes; et vraisemblablement le tartrate sera dissymétrique, c'est-à-dire sans plan de symétrie; le paratartrate, au contraire,

continuera d'avoir un plan de symétrie. Dès lors, l'identité absolue signalée entre les formes de ces deux combinaisons par Mitscherlich n'existera pas. Sur ce point, il se sera trompé, et sa note n'aura plus rien de mystérieux. Comme l'action optique propre aux tartrates dont il est parlé dans sa note se traduit par une déviation à droite du plan de polarisation, c'est là un genre de dissymétrie qui n'aura rien d'incompatible avec la dissymétrie de la forme. Tout au contraire, ces deux dissymétries pourront être rapportées à une même cause; de même l'absence de dissymétrie dans la forme du paratartrate sera liée à la neutralité optique de la combinaison.

« Les choses ne se passèrent qu'en partie comme l'avait espéré M. Pasteur. Le tartrate de soude et d'ammoniaque offrit, comme tous les autres tartrates, la dissymétrie qui s'accuse par l'absence de tout plan de symétrie, c'est-à-dire que la forme de ce sel placé devant une glace montra une image qui ne lui était pas superposable. C'était comme une main droite ayant sa gauche pour image. Quant au paratartrate de soude et d'ammoniaque, une circonstance frappa M. Pasteur d'une manière tout à fait inattendue. Loin de constater, sur les cristaux de ce sel, l'absence de toute dissymétrie, il reconnut que tous la portaient manifestement. Mais, chose étrange, certains cristaux l'offraient dans un sens, les autres dans le sens opposé. Si on plaçait certains de ces cristaux devant un miroir, ils reproduisaient l'image des autres, et l'une de ces sortes de cristaux se confondait rigoureusement pour leur forme avec la forme du tartrate, préparé à l'aide de l'acide tartrique du raisin. M. Pasteur se dit alors : Puisqu'il n'y a aucune différence dans la forme du tartrate qui provient de l'acide tartrique du raisin et de l'une des sortes de cristaux qui se déposent au moment de la cristallisation du paratartrate, je vais séparer manuellement, par l'observation de leur dissymétrie propre, tous les cristaux de la cristallisation du paratartrate qui sont identiques à ceux du tartrate. Je devrai pouvoir, par les procédés chimiques ordinaires, extraire un acide tartrique identique à l'acide tar-

trique du raisin avec toutes ses propriétés physiques, minéralogiques et chimiques, c'est-à-dire un acide tartrique ayant, comme l'acide tartrique naturel du raisin, la dissymétrie de la forme et l'action sur la lumière polarisée. Par contre, je devrai retirer de la seconde sorte des cristaux, associés aux précédents dans la cristallisation paratartrique, un acide qui reproduira l'acide tartrique ordinaire, mais ayant une dissymétrie de sens inverse et d'action également inverse sur la lumière polarisée.

« Avec une ardeur pleine de fièvre, M. Pasteur s'empressa de faire cette double expérience. Quelle fut sa joie lorsqu'il vit ses prévisions se réaliser, et se réaliser avec une netteté véritablement toute mathématique! Son saisissement fut si grand qu'il quitta brusquement le laboratoire. A peine sorti, il rencontra le préparateur du cours de physique, et l'embrassa en lui disant :

« Je viens de faire une grande découverte! J'ai séparé le paratartrate double de soude et d'ammoniaque en deux sels de dissymétrie inverse et d'action inverse sur le plan de polarisation de la lumière. Le sel droit est de tout point identique au tartrate droit. J'en suis si heureux que j'éprouve un tremblement nerveux qui m'empêche de remettre de nouveau l'œil à l'appareil de polarisation. Allons au Luxembourg; je vous expliquerai tout cela! »

« Ces résultats frappèrent à un haut degré l'attention de l'Académie des sciences, où siégeaient les Arago, les Biot, les Dumas, les Senarmont et les Balard. On peut dire sans exagération que l'Académie en fut émerveillée. Toutefois beaucoup de membres ne crurent pas d'emblée à la découverte. Chargé d'en rendre compte, M. Biot commença par exiger de M. Pasteur la vérification de chacun des points annoncés. Dans ce contrôle, M. Biot apporta sa précision habituelle qui fut associée à une sorte de défiance soupçonneuse.

« Il me fit venir chez lui, racontait dans une de ses leçons M. Pasteur, il me remit de l'acide paratartrique qu'il avait soigneusement étudié lui-même et qu'il avait trouvé parfaitement neutre vis-à-vis de la lumière polarisée. Ce ne fut

pas au laboratoire de l'École normale, ce fut en sa présence, dans sa cuisine, qu'il me fallut préparer le sel double avec de la soude et de l'ammoniaque qu'il avait également désiré me procurer lui-même. La liqueur fut abandonnée à une évaporation lente, et, au bout de dix jours, lorsqu'elle eut fourni environ 30 à 40 grammes de cristaux, il me pria de passer au Collège de France, afin de recueillir la cristallisation et d'en extraire des cristaux de deux sortes que je placerais, ajouta-t-il, les uns à sa droite, les autres à sa gauche, me demandant de déclarer de nouveau si j'affirmais bien que les cristaux mis à sa droite dévieraient à droite, et les autres à gauche. La déclaration faite, il me dit qu'il se chargeait du reste. M. Biot prépara les solutions en proportions bien dosées, et, au moment de les observer dans l'appareil de polarisation, il m'invita de nouveau à me rendre dans son cabinet. Il plaça d'abord dans l'appareil la solution la plus intéressante, celle qui devait dévier à gauche. Sans même prendre de mesure, par l'aspect seul des teintes des deux images ordinaire et extraordinaire de l'analyseur, il vit qu'il y avait une forte déviation à gauche. Alors, très visiblement ému, l'illustre vieillard me prit le bras et me dit : « Mon cher enfant, j'ai tant aimé les sciences dans ma vie que cela me fait battre le cœur! »

« Mon jeune ami, disait à quelque temps de là M. Biot à « M. Pasteur en le présentant à Mitscherlich, vous pouvez vous « vanter d'avoir fait quelque chose de grand, en trouvant ce « qui a échappé à un homme comme celui-là.

« — J'avais étudié », répondit Mitscherlich, non sans une « nuance de regret, en s'adressant à M. Pasteur, « j'avais « étudié avec tant de soin et de persévérance, dans leurs « moindres détails, les deux sels qui ont fait l'objet de ma « note à l'Académie que si vous avez constaté ce que je n'ai « pas su trouver, c'est que vous avez dû être guidé par une « *idée préconçue.* »

« Mitscherlich avait raison; et cette idée préconçue, M. Pasteur aurait pu la formuler ainsi : une dissymétrie

dans l'arrangement moléculaire interne d'une substance chimique doit se manifester dans toutes les propriétés externes, capables elles-mêmes de dissymétrie [1]. »

Autre exemple.

74. « L'un des principes expérimentaux sur lesquels Newton a fondé son système de la pesanteur universelle est celui-ci, que la force avec laquelle la terre attire les corps terrestres est proportionnelle à la masse de ces corps; en d'autres termes, que ces corps, sous l'influence de l'attraction de la Terre, reçoivent des accélérations égales.

« Ce principe, Newton l'a appuyé sur des expériences qui lui sont propres, dont la conclusion est que des corps de différente nature, l'or, l'argent, le plomb, le verre, le sable, le sel de cuisine, l'eau, le blé et le bois, exécutent des oscillations de même durée sur des arcs de cercle égaux [2]. Quant à la limite de l'incertitude que laissent ces expériences sur l'égalité de la force accélératrice qui agit sur les corps qu'on vient de citer, Newton l'estime à un millième de la force totale.

« C'est le désir de restreindre cette incertitude entre des limites plus étroites qui m'a fait entreprendre les expériences dont je vais rendre compte aujourd'hui. Il m'a semblé qu'il n'était pas superflu d'employer une méthode propre à manifester une différence entre les différents corps, fût-elle beaucoup moindre que $\frac{1}{1000}$. Car le système de Newton n'est pas mathématiquement nécessaire; son existence réelle comme système de la nature ne peut être démontrée d'une manière

1. *M. Pasteur*, histoire d'un savant par un ignorant. Hetzel, éditeur. — Les passages les plus intéressants de cet ouvrage ont été cités par M. Gay, *Lectures scientifiques*, Hachette, 1891.

2. La vitesse avec laquelle un pendule revient à sa position d'équilibre, quand il en est écarté, n'est qu'un cas particulier de l'accélération qu'il recevrait de la Terre en chute libre, ce qui permet de comparer les durées d'oscillation des corps au lieu de comparer celles de leur chute, comme Galilée l'a fait directement dans une expérience célèbre, mais peu précise.

absolue; elle ne peut être établie qu'avec un degré de probabilité qui dépend de l'exactitude des expériences. J'ai déterminé l'action de la pesanteur sur douze substances : l'or, l'argent, le plomb, le fer, le zinc, le laiton, le marbre, l'argile, le quartz, l'eau, le fer météorique et la pierre météorique. J'ai désiré faire figurer ces deux dernières substances dans la liste de celles que j'ai essayées, parce qu'il est possible qu'elles ne soient pas d'origine terrestre, et qu'il est possible de concevoir une différence d'action de la pesanteur sur les corps terrestres et extra-terrestres.

[Suivent soixante pages de mesures exécutées avec autant de précision que possible et dans les conditions les plus variées.]

« Les expériences que je viens de rapporter ne laissent aucune raison de supposer que la longueur du pendule simple à secondes dépende de la nature du corps oscillant. Elles confirment donc la loi que les attractions qu'éprouvent les corps terrestres sont proportionnelles à leurs masses.

« Si, pour une seule ou pour quelques-unes des substances soumises à l'expérience, on avait trouvé un écart qui dépassât les limites probables de l'erreur des observations, il eût été utile de poursuivre les recherches, soit pour mettre cet écart hors de doute, soit pour montrer qu'il était dû aux erreurs d'expérience. Mais puisque les différences sont toujours restées au-dessous de ces limites, et que le contrôle qui ressort de la comparaison des deux pendules de l'appareil assure la précision du résultat obtenu, pour chaque espèce de matière, je n'ai pas cru nécessaire d'augmenter encore le nombre déjà grand des expériences. Ainsi je n'ai pas fait usage des échantillons de fer météorique du Mexique et de Sibérie que M. le professeur Weiss avait mis à ma disposition : la certitude de trouver pour toutes les substances une même longueur de pendule était devenue si grande par les expériences déjà faites que je ne me croyais plus autorisé à

enlever à ces rares échantillons une notable portion de leur valeur en leur donnant la forme nécessitée par les expériences [1]. »

« *La chasse de Pan.* »

75. On ne considère ordinairement François Bacon, dans l'histoire de la science, que comme l'inventeur des trois *tables* de présence, d'absence et de degrés, reprises et transformées par J. S. Mill sous le nom de méthodes de concordance, de différence et de variation concomitante. C'est lui faire tort. Employés seuls, les procédés que préconise J. S. Mill, réduiraient la science inductive à un formalisme aussi étroit que celui de la scolastique; lui-même est bien obligé de le reconnaître dans le chapitre de sa *Logique* qu'il intitule : « De la pluralité des causes et du mélange des effets ». Bacon, au contraire, a bien vu l'extrême multiplicité des formes que pouvait se donner l'induction, depuis le simple jugement de possibilité qui reste au-dessous des règles de J. S. Mill, jusqu'aux lois mathématiques du monde, qui les dépassent. Il a senti que la première condition pour faire des découvertes était d'instituer une *experientia litterata*, c'est-à-dire une expérience, 1° qui soit notée méthodiquement par écrit; 2° qui soit guidée par une idée

1. Extrait d'un mémoire de F. W. Bessel, professeur à Kœnigsberg, imprimé en 1830 et réédité dans la collection des mémoires publiés par la Société française de physique, t. V. — Il nous a paru intéressant de citer ces expériences, malgré leur résultat négatif, en raison de l'idée critique qui les a dirigées et du jour où elles mettent la précision de mesure nécessaire aux sciences physiques.

directrice. « Tenter des expériences sans suite et sans méthode, c'est marcher à tâtons; mais quand on les fait avec un certain ordre et en vue d'un certain but, c'est comme si l'on était guidé par la main [1]. » Mais, hors de là, il laisse toute liberté à la recherche et à la vérification. Que chacun invente de nouvelles manières de varier les phénomènes pour voir ce qu'ils contiennent, et la science n'en ira que mieux. Le savant ne doit pas se laisser enfermer dans un cadre déterminé d'avance, et qui ne saurait convenir à l'infinité de la nature. L'empirisme vulgaire se trompe sans cesse, parce qu'il ne sait voir que ce qu'il a devant les yeux. « C'est comme si Samuel se fût contenté de voir ceux des fils d'Isaï qui étaient à la maison et qu'on avait amenés en sa présence; et qu'il n'eût pris aucune information au sujet de David qui était alors dans les champs [2]. » Dans le *Novum Organum*, Bacon distingue jusqu'à vingt-sept sortes d'*instances* [3], c'est-à-dire de façons de retourner les faits pour en voir les rapports sous toutes leurs faces; et dans l'exemple particulier qu'il donne lui-même dans cet ouvrage, il applique si heureusement cette grande richesse de méthode qu'il arrive, malgré le peu de faits connus alors, à définir la chaleur : *motus celer inter partes minores*, ce qui est proprement l'idée qu'en donne la physique moderne. — Pour pressentir des faits nouveaux, les suivre à la

1. *De Dignitate et Augmentis scientiarum*, V, 2.
2. *De Dignitate*, V, 2. — Les ouvrages de Bacon sont remplis de citations de l'Écriture et de comparaisons tirées de la mythologie. Le père de David est plus fréquemment appelé Jessé.
3. *Instantia*, forme latinisée de l'anglais *instance*, qui veut dire « exemple » ou mieux « cas ».

trace, et enfin les saisir, dit-il encore dans le *De Dignitate*, il faut une sorte de flair et de sagacité qui est le don essentiel du chercheur; et c'est pour cela qu'empruntant à la mythologie symbolique le nom du Dieu qui représente l'univers (τὸ πᾶν), il appelle *chasse de Pan* l'art de s'en aller ainsi sur la piste, en quête de la vérité, multipliant et tournant en tout sens les faits expérimentés, jusqu'à ce qu'à force de patience et de persévérance on se soit enfin saisi de sa proie.

76. « L'expérience guidée ou la chasse de Pan traite des différentes manières de faire des expériences. Comme nous avons décidé qu'elle manquait, et que d'ailleurs ce n'est pas là une de ces choses qu'on puisse saisir au premier coup d'œil, nous allons en donner quelque idée, suivant notre coutume et conformément à notre plan. Les principaux procédés de la méthode expérimentale sont les suivants : variation de l'expérience, prolongation de l'expérience, translation de l'expérience, renversement de l'expérience, compulsion de l'expérience, application de l'expérience, copulation de l'expérience, enfin hasards de l'expérience.

« La variation de l'expérience peut avoir lieu : 1° par rapport à la matière; je veux dire quand une expérience déjà connue, mais où l'on s'est presque toujours attaché à une certaine espèce de matière, est tentée sur d'autres matières analogues aux premières. C'est ainsi que, pour la fabrication du papier, on n'a encore fait d'essai que sur le linge, et point du tout sur les tissus de soie, si ce n'est peut-être à la Chine, ni sur les matières filandreuses composées de soie et de poils d'animaux, dont on fabrique ce que nous appelons le camelot, ni enfin sur les tissus de laine et de coton, ou sur les peaux, bien que ces trois espèces de matières, comparées avec les premières, puissent paraître trop hétérogènes : aussi seraient-elles peut-être moins utiles, employées seules que mêlées avec les premières. De même

la greffe sur les arbres à fruits est en usage, mais la greffe sur les arbres sauvages a été rarement tentée. On dit pourtant que l'orme, enté sur un autre orme, donne de très belles feuilles et un ombrage admirable. 2° La variation peut avoir lieu dans la cause efficiente. Par exemple, l'intensité de la chaleur des rayons du soleil est augmentée par le moyen de miroirs brûlants, au point d'enflammer des matières très combustibles; je demande si l'action des rayons de la lune ne pourrait pas, à l'aide de ces mêmes miroirs, être augmentée au point de produire un faible degré de chaleur, afin de savoir si tous les corps célestes ont la faculté d'échauffer? De même les miroirs brûlants augmentent l'intensité des chaleurs rayonnantes; les chaleurs opaques, telles que sont celles des métaux et des pierres, avant qu'ils soient chauffés jusqu'au point de l'incandescence, ces chaleurs, dis-je, seraient-elles susceptibles d'être augmentées par le moyen de ces miroirs? ou faut-il croire plutôt que la lumière a ici quelque part? De même le succin [1] et le jais étant frottés attirent les pailles : les attireraient-ils encore si on les chauffait un peu en les approchant du feu? 3° La variation de l'expérience peut avoir lieu dans la quantité de matière, et c'est ce qui exige bien des précautions et de petites attentions, ce sujet étant tout environné d'erreurs : car on croit communément qu'il suffit d'augmenter la quantité de matière pour augmenter proportionnellement la vertu au prorata; et de ce préjugé on fait une supposition, un postulat, comme s'il avait toute la certitude mathématique, ce qui est pourtant absolument faux. Une balle de plomb d'une livre, qu'on laisse tomber du haut d'une tour, emploie un certain temps à descendre, supposons celui de dix battements de pouls; une balle de deux livres (balle où cette force, ce mouvement qu'on qualifie de naturel, doit être double) frappera-t-elle la terre après cinq battements de pouls? Non, le temps de sa chute sera presque égal à celui de la première, et son mouvement

1. Ambre jaune.

ne sera nullement augmenté en raison de l'augmentation de sa masse. De même une dragme [1] de soufre, par exemple, mêlée à une demi-livre d'acier, le liquéfie et le rend coulant; une once de soufre, mêlée avec quatre livres d'acier, suffira-t-elle pour les liquéfier? Voilà ce qu'on demande. Mais le fait ici n'est nullement d'accord avec le raisonnement; car il est certain que, lorsqu'on augmente proportionnellement la quantité de matière de l'agent et du patient, la qualité réfractaire de la matière augmente en plus grande proportion dans le patient que la vertu dans l'agent : ainsi le trop ne fait pas moins illusion que le trop peu. Ainsi on ne devrait jamais perdre de vue cette plaisanterie d'Ésope sur une femme qui espérait avoir deux œufs au lieu d'un en doublant la mesure d'orge qu'elle donnait chaque jour à sa poule. Qu'en arriva-t-il? La poule engraissa et ne pondit plus. Ainsi il ne faut pas trop faire fonds sur quelque expérience que ce soit, à moins qu'on ait éprouvé les effets de la plus grande et de la plus petite quantité. En voilà assez sur la variation de l'expérience.

77. « La prolongation de l'expérience peut avoir lieu de deux manières, par répétition ou par extension, c'est-à-dire qu'on peut, ou simplement réitérer l'expérience, ou la pousser jusqu'à un certain degré de subtilité. Voici un exemple de la répétition. L'esprit-de-vin est le produit d'une seule distillation du vin; et il est plus actif et plus fort que le vin même. On demande actuellement si l'esprit-de-vin lui-même, distillé et sublimé, ne deviendrait pas encore plus fort? Mais cette répétition donne aussi lieu à des méprises; car tantôt l'effet de la seconde distillation n'égale pas celui de la première, tantôt l'effet de ces réitérations de l'expérience est qu'après que l'opération est arrivée à un certain état, à un certain maximum, la nature, loin d'aller en avant, commence à rétrograder; ainsi cette sorte de pro-

1. C'est-à-dire en anciennes mesures anglaises, d'après Saigey, un huitième de l'once, soit 3 gr. 885. L'once est elle-même un douzième de la livre « des apothicaires », pesant 373 grammes.

cédés exige beaucoup de discernement. — Voici un exemple de l'extension : si dans un vase en partie rempli de vin mêlé d'eau on plonge un autre vase contenant de l'eau seulement dans sa partie supérieure, où elle soit comme suspendue, et qui soit terminé par un tuyau fort étroit et d'une certaine longueur, le tuyau, dis-je, étant plongé dans le vase inférieur, l'eau se séparera du vin, le vin gagnant peu à peu le haut du vase supérieur, et l'eau allant occuper le fond du vase inférieur; on demande si, de même que le vin et l'eau, qui sont deux corps d'espèces différentes, sont séparés par ce moyen, les parties les plus subtiles du vin, qui ne forme qu'un seul corps, pourraient aussi être séparées des parties les plus grossières, de manière qu'il se fît une sorte de distillation par le moyen du poids seul, et qu'on trouvât au haut du vase supérieur une liqueur approchant de l'esprit-de-vin, mais peut-être plus délicate.

78. « La translation de l'expérience peut avoir lieu de trois manières : soit de la nature ou du hasard dans l'art; soit d'un art ou d'une pratique dans un autre art ou dans une autre pratique; soit enfin de telle partie d'un certain art dans une partie différente de ce même art. Or les exemples de la translation de la nature ou du hasard dans l'art sont innombrables; en sorte que presque tous les arts mécaniques n'ont eu que de bien faibles commencements dus à la nature ou au hasard. Un ancien proverbe disait : « Raisin contre raisin mûrit plus tôt »; et c'est ce qu'on a souvent appliqué aux services et aux offices mutuels de l'amitié. C'est aussi ce que, chez nous, ceux qui font le cidre savent très bien imiter; car ils ont soin, avant de piler les pommes ou de les mettre au pressoir, de les tenir en tas pendant quelque temps, afin qu'elles mûrissent mieux par leur contact mutuel, ce qui corrige l'excessive acidité de cette boisson. De même c'est à l'imitation des iris naturels [1] produits par un nuage chargé de pluie, qu'on

1. Arcs-en-ciel.

produit des iris artificiels par l'aspersion d'une assez grande quantité d'eau réduite en petites gouttes. Ainsi l'art des distillations a pu tirer son origine de l'observation de la région supérieure, je veux dire des pluies et de la rosée, ou de l'expérience banale des gouttes d'eau qui s'attachent aux plats qu'on pose sur l'ouverture d'une marmite remplie d'eau bouillante. Mais qui eût osé entreprendre d'imiter la foudre et les éclairs, si le couvercle de ce moine chimiste [1], lancé en l'air avec tant de violence et de fracas, n'en eût donné la première idée? Or plus les exemples en ce genre sont nombreux, moins il est besoin d'en alléguer. Mais, pour peu que les hommes eussent été jaloux de faire des recherches vraiment utiles, ils auraient dû s'attacher à observer les opérations et les procédés de la nature, les considérer un à un dans le plus grand détail et à dessein, puis méditer sur tout cela, y penser et repenser sans cesse, afin de voir ce qu'on pourrait transporter de là dans les arts; car la nature est le miroir de l'art. Quant aux expériences qui pourraient être transportées d'un art à un autre art ou d'une pratique à une autre pratique, elles ne sont pas en moindre nombre, quoique cette translation ne soit guère en usage. La nature est toujours sous la main, au lieu que les procédés de chaque art ne sont guère connus que de ceux qui l'exercent. Nous donnerons à ce sujet un avertissement général: c'est que rien ne serait plus capable de produire une sorte de pluie d'inventions utiles, et, qui plus est, neuves et comme envoyées du ciel, que de faire des dispositions telles que les expériences d'un grand nombre vinssent à la connaissance d'un seul homme, ou d'un petit nombre d'hommes qui, par leurs entretiens, s'exciteraient mutuellement et se donneraient des idées; afin qu'à l'aide de cette expérience guidée dont nous parlons ici, les arts pussent se fomenter et, pour ainsi dire, s'allumer réciproquement, par le mélange de leurs rayons.

1. Barthold Schwartz, moine allemand du XIVe siècle, auquel est attribuée l'invention de la poudre, par une tradition d'ailleurs très contestée.

79. « Le renversement de l'expérience a lieu lorsqu'un fait étant constaté par l'expérience, on cherche aussi la preuve du contraire. Par exemple, les miroirs augmentent l'intensité de la chaleur, mais augmentent-ils aussi l'intensité du froid? De même la chaleur, en se répandant en tous sens, se porte toutefois plus volontiers de bas en haut; le froid, en se répandant, se porte-t-il de préférence vers le bas? Par exemple, prenez une verge de fer, chauffez-la à une de ses extrémités; puis redressez cette verge, en plaçant en bas la partie chauffée; cela posé, si vous approchez la main de la partie supérieure, vous vous brûlerez aussitôt. Mais, si vous placez en haut la partie supérieure, et la main en bas, vous ne vous brûlerez pas si promptement. Actuellement, supposons qu'on chauffe toute la verge, et qu'on plonge l'une de ses extrémités dans la neige, ou qu'on la mouille avec une éponge trempée dans l'eau froide; je demande si la neige ou l'éponge étant placée en haut, le froid se portera plus vite vers le bas qu'il ne se fût porté vers le haut si le corps refroidissant eût été placé en bas [1]. De même les rayons du soleil se réfléchissent sur le blanc et s'éparpillent, au lieu qu'ils se rassemblent sur le noir. Il faut voir si de même les ombres se dispersent sur un corps noir et se rassemblent sur un corps blanc. Et c'est, comme nous le voyons, ce qui arrive dans une chambre obscure où l'on fait entrer la lumière par un trou fort petit et où les images des objets extérieurs viennent se peindre sur un papier blanc et nullement sur un papier noir. Voilà ce que nous avions à dire sur le renversement de l'expérience.

80. « La compulsion de l'expérience a lieu lorsqu'on pousse l'expérience jusqu'au point d'anéantir ou d'en faire dispa-

1. La *nature ascendante* de la chaleur et du feu, admise comme une qualité irréductible par les physiciens anciens, consiste dans ce fait que les corps échauffés, étant généralement dilatés, deviennent moins denses et sont plus aisément chassés vers le haut, comme on le voit dans des couches d'air et d'eau inégalement échauffées (phénomène de la *convection*).

raître totalement la vertu; car, dans les autres espèces de chasses, on se contente de prendre la bête, mais dans celle-ci on la tue. Voici un exemple de compulsion. L'aimant attire le fer, tourmentez donc l'aimant; tourmentez aussi le fer, de manière qu'enfin il n'y ait plus d'attraction. Voyez, par exemple, si l'aimant étant brûlé et macéré dans les eaux-fortes, il se dépouille totalement de sa vertu ou en perd la plus grande partie. Voyez au contraire si le fer, converti en safran de mars [1], ou en une substance connue sous le nom d'acier préparé, ou enfin dissous dans l'eau-forte, serait encore attiré par l'aimant. De plus, l'aimant attire le fer à travers tous les milieux que nous connaissons, soit qu'on interpose de l'or, de l'argent, du verre; cherchez bien, jusqu'à ce que vous ayez trouvé quelque milieu qui intercepte sa vertu, si toutefois il en est de tels [2]. Éprouvez le mercure, éprouvez l'huile, les gommes, le charbon ardent, et toutes les autres substances qui n'ont point encore subi cette épreuve. De même on a inventé dans ces derniers temps certains instruments d'optique qui amplifient prodigieusement les plus petits objets visibles; poussez-en l'usage aussi loin qu'il peut aller, en les appliquant, d'un côté, à des objets si petits qu'ils ne puissent plus servir à les rendre visibles, et de l'autre, à des objets si grands que les images paraissent confuses. Au reste ne nous arrêtons pas à ces compulsions d'expériences, parce qu'elles sont presque hors des limites de l'expérience guidée, et se rapportent plutôt aux causes, aux axiomes et au *Nouvel Organum*; car partout où l'on peut établir une négative, une privative, ou une exclusive, on commence déjà à voir jour à la découverte des formes [3].

1. « *Crocus martis* : fer calciné par une exposition prolongée au feu. » (Bacon, *Physiological remains*, édition Ellis et Spedding, III, 815.)

2. On n'en a pas encore découvert.

3. La forme, dont la découverte est l'objet principal du *Novum Organum*, n'est pas une entité, mais simplement la disposition mécanique invisible qui se traduit pour nos sens par une qualité donnée. Ainsi la forme du son est le mouvement vibratoire de l'air; la forme de la chaleur est un mouvement moléculaire rapide, et ainsi de suite. Bacon se sert encore, pour représenter cette idée, des termes de *nature* et de *cause*, parfois aussi de périphrases comme *schematismus latens*, *processus latens*, la première de ces deux expressions s'appliquant aux états, la seconde aux changements. « La découverte de la forme d'une qualité donnée, de sa vraie différence, de sa nature naturante, ou enfin de sa source d'émanation (car nous ne trouvons que ces termes qui indiquent à peu près ce que nous avons en vue), cette découverte, dis-je, est l'œuvre propre et le but de la science humaine. » *Novum Organum*, II, aph. 1.

81. « L'application d'une expérience n'en est qu'une ingénieuse traduction par laquelle on la transporte à quelque chose d'utile. En voici un exemple : chaque corps a son volume et son poids déterminés; l'or a plus de poids et moins de volume que l'argent. Il en est de même de l'eau par rapport au vin. On tire de là une expérience utile qui consiste à emplir successivement et exactement de différentes matières une certaine mesure déterminée, et à les peser avec la même exactitude. Par ce moyen on sait combien il y a eu d'argent mêlé avec l'or, ou d'eau mêlée avec le vin, ce qui fut précisément l'εὕρηκα d'Archimède. Ainsi les chairs se putréfient plus vite dans certains garde-manger que dans d'autres. Il serait utile de tirer de cette expérience un moyen pour discerner les différentes espèces d'air plus ou moins salubres, afin d'habiter de préférence les lieux où les chairs sont plus longtemps préservées de la putréfaction. Une autre application qu'on en pourrait tirer, ce serait de distinguer les temps de l'année les plus salubres ou les plus pestilentiels; mais il est une infinité d'applications de cette espèce faciles à faire, pourvu que les hommes s'éveillent et tournent leurs regards tantôt vers la nature des choses, tantôt vers l'utilité de leurs semblables; mais en voilà assez sur l'application des expériences.

82. « La copulation de l'expérience est cette liaison et cet enchaînement d'applications qui a lieu lorsque telles choses, qui seules ne seraient pas utiles, sont rendues telles par

leur réunion. Par exemple, voulez-vous avoir des roses ou des fruits tardifs, vous parviendrez à ce but en arrachant les boutons les plus précoces; vous obtiendrez le même effet en mettant les racines à nu et les laissant exposées à l'air, jusqu'à ce que le printemps soit fort avancé, mais plus sûrement encore en réunissant ces deux moyens. De même la glace et le nitre ont au plus haut degré la propriété de refroidir, et mieux encore lorsqu'ils sont mêlés ensemble; mais c'est un point dont personne ne doute. Il pourrait cependant se glisser ici quelque erreur, comme dans toutes les expériences où l'on n'est point guidé par la lumière des axiomes; par exemple, si l'on combinait ensemble des substances qui agissent de manières très différentes et qui semblent même se combattre.

83. « Restent donc les hasards de l'expérience. Or cette manière de faire des tentatives a quelque chose de déraisonnable et de fou; car quoi de plus fou, à la première vue, que de tenter une expérience non parce que la raison ou un autre fait vous y a conduit, mais seulement parce que rien de semblable n'a jamais été tenté! Il se pourrait pourtant que sous cette extravagance même se cachât je ne sais quoi de vraiment grand, je veux dire si l'on avait le courage de remuer, pour ainsi dire, toutes les pierres dans la nature; car tous les grands secrets de la nature sont hors des sentiers battus et de la sphère de nos connaissances[1]. Mais si la raison présidait à de tels essais, c'est-à-dire si, tout en s'assurant que rien de semblable n'a jamais été tenté, on avait pourtant quelque raison puissante pour essayer, alors ces tentatives hardies auraient de grands avantages et pour-

1. Beaucoup de grands inventeurs se sont rendu compte que leurs procédés de découverte avaient quelque chose d'étrange : « Si je racontais la façon dont je travaille, disait Faraday, je me ferais prendre pour un fou ». Darwin se plaisait de même à tenter les expériences les plus hasardées, qu'il appelait lui-même humoristiquement « des expériences d'imbécile ».

raient forcer la nature à révéler son secret. Au reste il est encore, au sujet de cette sorte d'expérience, un avertissement à donner; c'est qu'il ne faut pas, pour quelque tentative où l'on aura échoué, se décourager tout à fait et perdre, pour ainsi dire, la tête. Les succès, il est vrai, sont plus flatteurs, on s'y complaît davantage; mais la plupart des tentatives, pour être malheureuses, n'en sont pas moins instructives, et ce qu'il ne faut jamais perdre de vue et ce que nous nous efforçons perpétuellement d'inculquer, c'est qu'il faut s'attacher bien plus aux expériences lumineuses qu'aux expériences fructueuses. — Voilà donc ce que nous avions à dire sur l'expérience guidée, laquelle, comme nous l'avions déjà fait entendre, est plutôt une sorte de sagacité, de flair de chien de chasse, qu'une véritable science. Nous ne dirons rien pour le moment du *Nouvel Organum*, et notre dessein n'est pas d'en donner ici un avant-goût; car ce sujet étant sans contredit ce qu'il y a de plus grand en philosophie, nous nous proposons moyennant la faveur divine de composer sur cette matière un ouvrage complet [1]. »

Considérations expérimentales particulières aux êtres vivants.

84. « Nous avons vu dans le chapitre précédent que le but de la méthode expérimentale est d'atteindre au déterminisme des phénomènes, de quelque nature qu'ils soient, vitaux ou minéraux. Nous savons de plus que ce que nous appelons *déterminisme* d'un phénomène ne signifie rien autre chose que la *cause déterminante* ou la *cause prochaine* qui détermine l'apparition des phénomènes. On obtient nécessairement ainsi les *conditions d'existence* des phénomènes, sur lesquelles l'expérimentateur doit agir pour faire varier les phénomènes. Nous regardons donc comme équivalentes les diverses expressions qui précèdent, et le mot déterminisme les résume toutes.

1 Bacon, *De Dignitate*, liv. V, chap. II, trad. Riaux. Charpentier, 1845.

« Il est très vrai, comme nous l'avons dit, que la vie n'introduit absolument aucune différence dans la méthode scientifique expérimentale qui doit être appliquée à l'étude des phénomènes physiologiques et que, sous ce rapport, les sciences physiologiques, et les sciences physico-chimiques reposent exactement sur les mêmes principes d'investigation. Mais cependant il faut reconnaître que le déterminisme dans les phénomènes de la vie est non seulement un déterminisme très complexe, mais que c'est en même temps un déterminisme qui est harmoniquement hiérarchisé.

« Le physiologiste et le médecin ne doivent donc jamais oublier que l'être vivant forme un organisme et une individualité. Le physicien et le chimiste, ne pouvant se placer en dehors de l'univers, étudient les corps et les phénomènes isolément, pour eux-mêmes, sans être obligés de les rapporter nécessairement à l'ensemble de la nature. Mais le physiologiste, se trouvant au contraire placé en dehors de l'organisme animal dont il voit l'ensemble, doit tenir compte de l'harmonie de cet ensemble en même temps qu'il cherche à pénétrer dans son intérieur pour comprendre le mécanisme de chacune de ces parties. De là il résulte que le physicien et le chimiste peuvent repousser toute idée de causes finales dans les faits qu'ils observent; tandis que le physiologiste est porte à admettre une finalité harmonique et préétablie dans le corps organisé dont toutes les actions partielles sont solidaires et génératrices les unes des autres. Il faut donc bien savoir que, si l'on décompose l'organisme vivant en isolant ses diverses parties, ce n'est que pour la facilité de l'analyse expérimentale, et non point pour les concevoir séparément. En effet, quand on veut donner à une propriété physiologique sa valeur et sa véritable signification, il faut toujours la rapporter à l'ensemble et ne tirer de conclusion définitive que relativement à ses effets dans cet ensemble.

« La vie a son essence primitive dans la force de développement organique, force qui constituait la nature médicatrice d'Hippocrate et l'*archaeus faber* de Van Helmont. Mais, quelle que soit l'idée que l'on ait de la nature de cette force, elle se manifeste toujours concurremment et parallelement avec des conditions physico-chimiques propres aux phénomènes vitaux. C'est donc par l'étude des particularités physico-chimiques que le médecin comprendra les individualités comme des cas spéciaux contenus dans la loi générale, et retrouvera là, comme partout, une généralisation harmonique de la variété dans l'unité. Mais le médecin traitant la variété, il doit toujours chercher à la déterminer dans ses études et la comprendre dans ses généralisations.

« S'il fallait définir la vie d'un seul mot, qui, en exprimant bien ma pensée, mit en relief le seul caractère qui, suivant moi, distingue nettement la science biologique, je dirais : la vie, c'est la *création*. En effet, l'organisme créé est une machine qui fonctionne nécessairement en vertu des propriétés physico-chimiques de ses éléments constituants. Nous distinguons aujourd'hui trois ordres de propriétés manifestées dans les phénomènes des êtres vivants : propriétés physiques, propriétés chimiques et propriétés vitales. Cette dernière dénomination de propriétés vitales n'est, elle-même, que provisoire; car nous appelons vitales les propriétés organiques que nous n'avons pas encore pu réduire à des considérations physico-chimiques; mais il n'est pas douteux qu'on y arrivera un jour. De sorte que ce qui caractérise la machine vivante, ce n'est pas la *nature* de ses propriétés physico-chimiques, si complexes qu'elles soient, mais bien la *création* de cette machine qui se développe sous nos yeux dans les conditions qui lui sont propres et d'après une idée définie qui exprime la nature de l'être vivant et l'essence même de la vie.

« Quand un poulet se développe dans un œuf, ce n'est point la formation du corps animal, en tant que groupement d'éléments chimiques, qui caractérise essentiellement la force vitale. Ce groupement ne se fait que par suite des lois qui régissent les propriétés chimico-physiques de la matière; mais ce qui est essentiellement du domaine de la vie et ce

qui n'appartient ni à la chimie, ni à la physique, ni à rien autre chose, c'est l'*idée* directrice de cette évolution vitale.

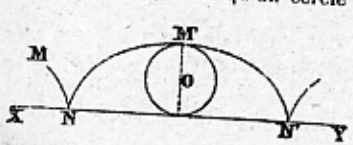
« Dans tout germe vivant il y a une idée créatrice qui se développe et se manifeste par l'organisation. Pendant toute sa durée, l'être vivant reste sous l'influence de cette même force vitale créatrice, et la mort arrive lorsqu'elle ne peut plus se réaliser. Ici, comme partout, tout dérive de l'idée qui elle seule crée et dirige; les moyens de manifestation physico-chimiques sont communs à tous les phénomènes de la nature et restent confondus pêle-mêle, comme les caractères de l'alphabet dans une boîte où une force va les chercher pour exprimer les pensées ou les mécanismes les plus divers [1]. »

Rapport des sciences expérimentales et mathématiques au point de vue de la méthode.

83. Le mathématicien déduit toujours, du moins quand il fait vraiment des mathématiques; mais il est arrivé quelquefois qu'on a découvert d'abord expérimentalement certaines propriétés des figures ou des nombres, et qu'on n'a pu les démontrer que plus tard par une méthode directe. Ainsi Galilée sachant *a priori* qu'il devait y avoir un rapport déterminé entre la cycloïde et son cercle générateur [2], eut recours à

1. Claude Bernard, *Introduction*, 2e partie, chap. II, § 1.

2. Si nous supposons qu'un cercle O roule sur une droite fixe XY, on appelle cycloïde la courbe MNM'N' engendrée par un point déterminé de la circonférence de ce cercle, qui est appelé lui-même cercle générateur. — La surface que se proposait de mesurer Galilée, dans le problème en question, était NM'N'.



un procédé physique pour déterminer ce rapport. Il prit une plaque de métal d'épaisseur aussi égale que possible, y découpa plusieurs cycloïdes, chacune avec le cercle correspondant, et les pesa. Le poids de chacune se trouva triple de celui de son cercle générateur; il en conclut que le même rapport existait entre les surfaces, et De Roberval, trente-six ans après, démontra directement, par un vrai raisonnement mathématique, *a priori*, l'exactitude de cette découverte [1].

Ce que faisait Galilée en cette occasion est le type même de la méthode employée par tous les savants modernes dans les sciences de la nature. Nous posons *a priori* que le monde, suivant le mot de d'Alembert, est un problème de mécanique. Mais nous ne possédons jamais les éléments nécessaires pour le résoudre *a priori*, soit que les données mêmes de la question fassent défaut, soit que la complication des équations qu'elles engendrent défie toute notre habileté. Nous le prenons donc par l'extérieur au lieu de le prendre par l'intérieur, nous y perdons, à bien des points de vue : d'abord en introduisant ainsi une foule de causes

1. Quelque dangereuse et aléatoire que soit cette manière de procéder, elle a souvent été employée par des mathématiciens; car, après tout, elle vaut encore mieux que rien. Mais ils ont toujours pris soin de remarquer qu'une telle méthode n'engendrait aucune certitude sur la justesse des résultats, qui dépend de la précision toujours limitée des instruments et par conséquent ne peut se trouver rigoureuse que par hasard. Ainsi Euler, dans un mémoire dont le titre est assez caractéristique : *De inductione ad plenam certitudinem evehenda*, écrit ceci : « Notum est plerumque numerorum proprietates primum per solam inductionem observatas, quas deinceps geometræ solidis demonstrationibus confirmare elaboraverunt; quo negotio in primis Fermatius summo studio et satis felici successu fuit occupatus ». (*Acta Acad. scientiarum Petropolitanæ*, 1780, 2e partie.)

d'erreurs dont les mathématiques sont exemptes, grossièreté de nos sens, imperfection de nos instruments, accidents d'observation et d'expérimentation; ensuite, parce que nous ne saurons jamais par ce moyen la vraie raison des choses; les raisonnements mathématiques nous font voir comment les vérités sortent les unes des autres, l'expérience, non : à supposer même que nous ne nous trompions pas sur le résultat, il sera imposé du dehors comme un fait brutal que nous devons accepter. Quelle nécessité la démonstration de Galilée fait-elle sentir à l'esprit? Aucune; elle ne nous apprend pas *pourquoi* le rapport cherché est trois plutôt que deux et demi, ou trois et quart. De même dans toutes les lois de la nature; le contraire continue à nous paraître possible et concevable; nous savons ce qui est, non ce qui fait que les choses doivent être ainsi. C'est une grande infériorité par rapport aux mathématiques.

86. Le principe sur lequel nous nous appuyons pour induire, c'est donc que nous pourrions déduire si notre intelligence était plus vaste et nos connaissances plus étendues [1]. De là vient que le physicien et le naturaliste, aussitôt qu'ils le peuvent, abandonnent l'induction pour recourir au raisonnement déductif et même au calcul. « C'est mon plaisir et mon orgueil, disait Young [2], que

1. Voir un exposé plus complet de toute la méthode expérimentale dans mon livre sur *Les théories de l'induction et de l'expérimentation* (Un vol. petit in-8°, Boivin éd., 1929).

2. Thomas Young (1773-1829), médecin, physicien et érudit anglais, qui a le premier prévu et réalisé l'interférence des rayons lumineux.

de me sentir supérieur à la nécessité de faire des expériences. » C'était aussi l'opinion de Descartes; le premier, il a conçu toutes les sciences de la nature comme formant un ensemble dont toutes les parties se tiendraient, et pourraient sortir les unes des autres à la manière des théorèmes d'Euclide.

« Ces longues chaînes de raisons toutes simples et faciles dont les géomètres ont coutume de se servir pour parvenir à leurs plus difficiles démonstrations, m'avaient donné occasion de m'imaginer que toutes les choses qui peuvent tomber sous la connaissance de l'homme s'entre-suivent en même façon, et que pourvu seulement qu'on s'abstienne d'en recevoir aucune pour vraie qui ne le soit, et qu'on garde toujours l'ordre qu'il faut pour les déduire les unes des autres, il n'y en peut avoir de si éloignées auxquelles enfin on ne parvienne, ni de si cachées qu'on ne découvre [1].

« Même je remarquai, touchant les expériences, qu'elles sont d'autant plus nécessaires qu'on est plus avancé en connaissances : lorsque j'ai voulu descendre à celles qui étaient plus particulières, il s'en est tant présenté à moi de diverses, que je n'ai pas cru qu'il fût possible à l'esprit humain de distinguer les formes ou espèces de corps qui sont sur la terre d'une infinité d'autres qui y pourraient être si ç'avait été le vouloir de Dieu de les y mettre; ni par conséquent de les rapporter à notre usage, si ce n'est qu'*on vienne au-devant des causes par les effets* et qu'on se serve de plusieurs expériences particulières.... La puissance de la nature est si ample et si vaste, que je ne remarque quasi plus aucun effet particulier que d'abord je ne connaisse qu'il peut en être déduit en plusieurs diverses façons; et ma plus grande difficulté est d'ordinaire de trouver en laquelle de ces façons il en dépend; car à cela je ne sais point d'autre expédient que de chercher derechef quelques expériences qui soient telles que leur événement ne soit pas le même si c'est en

1. *Discours de la Méthode*, 2e partie.

l'une de ces façons qu'on doit l'expliquer, que si c'est en l'autre [1]. »

L'usage de la déduction dans les sciences de la nature est donc nécessaire, et même de plus en plus important à mesure qu'une question est mieux connue. Il faut remarquer qu'il se présente sous deux formes qui se confondraient sans doute à la limite, mais qui pratiquement doivent être distinguées. Tantôt on prend pour point de départ arbitraire une hypothèse, sans trop savoir si elle est vraie ou fausse; on en déduit par voie logique les conséquences, et on les met à l'épreuve de l'expérience pour juger si ce point de départ était bon ou mauvais. Tantôt, au contraire, on prend pour base du raisonnement une proposition expérimentale déjà bien et solidement établie, afin d'en tirer toutes les conclusions et de faire ainsi progresser la science déductivement, suivant le procédé qui sert à développer habituellement les mathématiques. Dans le premier cas, on s'adresse aux expériences les plus nettes pour trancher la question : ce sont elles qui ont le dernier mot. Dans le second cas, au contraire, on tente sans scrupule des expériences délicates, difficiles, pourvu qu'elles soient indiquées par la théorie. D'un insuccès on ne conclut rien contre le principe, sachant bien que pour empêcher la production de l'effet attendu il suffit souvent d'un détail expérimental insignifiant et imperceptible; de même un mathématicien ne se préoccupe pas de voir une figure concrète ne pas coïncider exactement avec la figure théorique qu'il a calculée : il sait bien qu'une règle n'est jamais tout à

1. *Discours de la méthode*, 6e partie.

fait droite, ni un rapporteur parfaitement centré et divisé.

Cet usage de la déduction se rencontre surtout dans les parties les plus avancées de la physique, qui confinent ainsi aux mathématiques : mécanique, acoustique, optique géométrique, thermodynamique, etc. Le nombre en va croissant tous les jours, et il suffit d'ouvrir un traité de physique pour constater quelle place y tiennent les équations et les formules. Les principes en étant parfaitement éclaircis, on ne risque guère de tomber sur une conséquence fausse qui détruise la théorie tout entière. — Mais il n'en est plus de même dans les sciences ou les parties de science qui sont moins avancées. Là, les principes généraux sont encore douteux et mal établis. Il n'y en a point d'assez simples et d'assez fermes pour qu'on s'y puisse appuyer sans crainte. La déduction dans ce cas, toute hypothétique, servira donc seulement à tirer des conséquences possibles, subordonnées à la vérité douteuse des prémisses, et sur lesquelles l'expérience prononcera.

87. « La situation du naturaliste est bien différente de celle du mathématicien; la proposition générale à laquelle il est arrivé, ou le principe sur lequel il s'appuie, reste relatif et provisoire parce qu'il représente des relations complexes qu'il n'a jamais la certitude de pouvoir connaître toutes. Dès lors, son principe est incertain, puisqu'il est inconscient et non adéquat à l'esprit; dès lors les *déductions*, quoique très logiques, restent toujours douteuses, et il faut nécessairement alors invoquer l'expérience pour contrôler la conclusion de ce raisonnement déductif. Cette différence entre les mathématiciens et les naturalistes est capitale au

point de vue de la certitude de leurs principes et des conclusions à en tirer; mais le mécanisme du raisonnement déductif est exactement le même pour les deux. Tous deux partent d'une proposition; seulement le mathématicien dit: *Ce point de départ étant donné*, tel cas particulier en résulte nécessairement. Le naturaliste dit : *Si ce point de départ était juste*, tel cas particulier en résulterait comme conséquent.

« Quand ils partent d'un principe, le mathématicien et le naturaliste emploient donc l'un et l'autre la *déduction*. Tous deux raisonnent en faisant un syllogisme; seulement, pour le naturaliste, c'est un syllogisme dont la conclusion reste dubitative et demande vérification, parce que son principe est inconscient [1]. C'est là le raisonnement expérimental ou dubitatif, le seul qu'on puisse employer quand on raisonne sur les phénomènes naturels; si l'on voulait supprimer le doute et si l'on se passait de l'expérience, on n'aurait plus aucun critérium pour savoir si l'on est dans le faux ou dans le vrai, parce que, je le répète, le principe est inconscient et qu'il faut en appeler alors à nos sens.

« De tout cela je conclurai que l'*induction* et la *déduction* appartiennent à toutes les sciences. Je ne crois pas que l'induction et la déduction constituent réellement deux formes de raisonnement essentiellement distinctes. L'esprit de l'homme a, par nature, le sentiment ou l'idée d'un principe qui régit les cas particuliers [2]. Il procède toujours instinctivement d'un principe qu'il a acquis ou qu'il invente par hypothèse; mais il ne peut jamais marcher dans les raisonnements autrement que par syllogisme, c'est-à-dire en procédant du général au particulier.

« En physiologie, un organe déterminé fonctionne toujours par un seul et même mécanisme; seulement, quand le phénomène se passe dans d'autres conditions ou dans un

1. C'est-à-dire hypothétique. Claude Bernard, dont la langue est souvent très impropre, veut dire sans doute que ce principe n'est pas un axiome dont l'évidence s'impose à notre conscience.
2. Voir, au chapitre VII, la théorie de la Raison.

milieu différent, la fonction prend des aspects divers; mais, au fond, sa nature reste la même. Je pense qu'il n'y a pour l'esprit qu'une seule manière de raisonner, comme il n'y a pour le corps qu'une seule manière de marcher. Seulement, quand un homme s'avance, sur un terrain solide et plan, dans un chemin direct qu'il connaît et voit dans toute son étendue, il marche vers son but d'un pas sûr et rapide. Quand au contraire un homme suit un chemin tortueux dans l'obscurité et sur un chemin accidenté et inconnu, il craint les précipices, et n'avance qu'avec précaution et pas à pas. Avant de procéder à un second pas, il doit s'assurer que le pied placé le premier repose sur un point résistant, puis s'avancer ainsi en vérifiant à chaque instant par l'expérience la solidité du sol, et en modifiant toujours la direction de sa marche suivant ce qu'il rencontre. Tel est l'expérimentateur, qui ne doit jamais dans ses recherches aller au delà du fait, sans quoi il courrait le risque de s'égarer. Dans les deux exemples précédents, l'homme s'avance sur des terrains différents et dans des conditions variables, mais n'en marche pas moins par le même procédé physiologique. De même, quand l'expérimentateur déduira des rapports simples de phénomènes précis et d'après des principes connus et établis, le raisonnement se développera d'une façon certaine et nécessaire, tandis que, quand il se trouvera au milieu de rapports complexes, ne pouvant s'appuyer que sur des principes incertains et provisoires, le même expérimentateur devra alors avancer avec précaution et soumettre à l'expérience chacune des idées qu'il met successivement en avant. Mais, dans ces deux cas, l'esprit raisonnera toujours de même et par le même procédé physiologique [1], seulement il partira d'un principe plus ou moins certain.

« L'homme, dans sa première ignorance, supposa des divinités attachées à chaque phénomène. Aujourd'hui le

1. *Sic* : au sens de *fonctionnel*? Ou faudrait-il lire *psychologique*?

savant admet des forces ou des lois; c'est toujours quelque chose qui gouverne le phénomène. L'idée qui nous vient à la vue d'un phénomène, est dite *a priori*. Or il nous sera facile de montrer plus tard que cette idée *a priori*, qui surgit en nous à propos d'un fait particulier, renferme toujours implicitement, et en quelque sorte à notre insu, un *principe* auquel nous voulons ramener le fait particulier. De sorte que, quand nous croyons aller d'un cas particulier à un principe, c'est-à-dire induire, nous déduisons réellement; seulement, l'expérimentateur se dirige d'après un principe supposé ou provisoire qu'il modifie à chaque instant, parce qu'il cherche dans une obscurité plus ou moins complète. A mesure que nous rassemblons les faits, nos principes deviennent de plus en plus généraux et plus assurés; alors nous acquérons la certitude que nous déduisons. Mais néanmoins, dans les sciences expérimentales, notre principe doit toujours rester provisoire, parce que nous n'avons jamais la certitude qu'il ne renferme que les faits et les conditions que nous connaissons. En un mot, nous déduisons toujours par hypothèse, jusqu'à vérification expérimentale. Un expérimentateur ne peut donc jamais se trouver dans le cas des mathématiciens, précisément parce que le raisonnement expérimental reste de sa nature toujours dubitatif. — Maintenant, on pourra, si l'on veut, appeler le raisonnement dubitatif de l'expérimentateur l'*induction*, et le raisonnement affirmatif du mathématicien, la *déduction*; mais ce sera l une distinction qui portera sur la certitude ou l'incertitude du point de départ du raisonnement, mais non sur la manière dont on raisonne [1]. »

Des abus de la physique mathématique.

88. « Si l'on se contente comme on fait d'ordinaire, de traduire les problèmes en équations et qu'on s'en rapporte ensuite aux transformations du calcul pour mettre au jour la solution qu'on a en vue, on trouvera le plus souvent que

1. Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, I, 2.

cette solution est encore plus cachée dans ces symboles analytiques qu'elle ne l'était dans la nature même de la question proposée. Ainsi notre vraie méthode n'est que cet heureux mélange de l'analyse [1] et de la synthèse où le calcul n'est employé que comme un instrument : instrument précieux et nécessaire sans doute parce qu'il assure et facilite notre marche; mais qui n'a par lui-même aucune vertu propre; qui ne dirige point l'esprit, mais que l'esprit doit diriger comme tout autre instrument.

« Ce qui a pu faire illusion à quelques esprits sur cette espèce de force qu'ils supposent aux formules de l'analyse, c'est qu'on en retire avec assez de facilité des vérités déjà connues et qu'on y a pour ainsi dire soi-même introduites; et il semble alors que l'analyse nous donne ce qu'elle ne fait que nous rendre dans un autre langage. Quand un théorème est connu, on n'a qu'à l'exprimer par des équations : si le théorème est vrai, chacune d'elles ne peut manquer d'être exacte, aussi bien que les transformations qu'on en peut déduire; et si l'on arrive ainsi à quelque formule évidente ou bien établie d'ailleurs, on n'a qu'à prendre cette expression pour point de départ, à revenir sur ses pas, et le calcul seul paraît avoir conduit comme de lui-même au théorème dont il s'agit. Mais c'est en cela que le lecteur est trompé. Ainsi pour prendre un exemple dans la question même qui fait l'objet de ce Mémoire [2], il est bien clair qu'*aujourd'hui* rien ne serait plus aisé que de retrouver nos idées dans les expressions analytiques d'Euler ou de Lagrange, et même de les en dégager avec un air de facilité qui ferait croire que ces formules devaient

1. Le mot d'analyse est employé en deux sens dans ce passage. Ici, il indique le procédé général de l'esprit, indépendant de tout calcul, qui consiste à décomposer les difficultés pour les mieux résoudre. Partout ailleurs, le mot est employé comme synonyme de calcul analytique, suivant l'acception courante dont on trouvera l'explication à la fin du § 36.

2. Ce passage est extrait d'un *Mémoire sur la rotation des corps*, où Poinsot donne par l'exemple une bonne preuve de ce que peut le raisonnement physique sans formules algébriques.

les produire spontanément. Cependant comme les idées ont échappé jusqu'ici à tant de géomètres qui ont transformé ces formules en tant de manières, il faut convenir que cette analyse ne les donnait point, — puisque pour les y voir, il aura fallu attendre qu'un autre y parvînt par une voie toute différente.

« Nous aurions bien d'autres réflexions à faire et de plus grands exemples à produire si nous voulions montrer, d'une part, tout ce que l'esprit doit de lumière à cette méthode naturelle telle que je l'ai définie plus haut et qui constitue notre véritable analyse; et de l'autre le peu de vérités nouvelles qu'on a su tirer de ces formules analytiques où l'on croit enfermer une question et quelquefois même une science tout entière. Car, encore une fois, gardons-nous de croire qu'une science soit faite quand on l'a réduite à des formules analytiques. Rien ne nous dispense d'étudier les choses en elles-mêmes et de nous bien rendre compte des idées qui font l'objet de nos spéculations. N'oublions point que les résultats de nos calculs ont presque toujours besoin d'être vérifiés d'un autre côté par quelque *raisonnement simple* ou par l'*expérience*. Que si le calcul peut quelquefois nous offrir une vérité nouvelle, il ne faut pas croire que sur ce point même l'esprit n'ait plus rien à faire; mais au contraire il faut songer que cette vérité étant indépendante des méthodes ou des artifices qui ont pu nous y conduire, il existe certainement quelque démonstration simple qui pourrait la porter à l'évidence; ce qui doit être le grand objet et le dernier résultat de la science mathématique.

« Qu'on me pardonne ces réflexions que je fais, j'ose le dire, dans l'unique intérêt de la science. Je connais le caractère propre et distinctif de l'analyse algébrique et je pourrais même dire avec précision en quoi cet art a pu perfectionner la logique ordinaire du discours : je sais tout ce que les bons esprits doivent au calcul, mais je tâche d'éclairer ceux qui se trompent sur la nature de cet instrument, et en même temps de prévenir l'abus que

d'autres en peuvent faire en profitant de cette illusion même. Car sitôt qu'un auteur ingénieux a su parvenir à quelque vérité nouvelle, n'est-il pas à craindre que le calculateur le plus stérile ne s'empresse d'aller vite la rechercher dans ses formules, comme pour la découvrir une seconde fois, et à sa manière, qu'il dit être la bonne et la véritable; de telle sorte qu'on ne s'en croit plus redevable qu'à son analyse, et que l'auteur lui-même, quelquefois peu exercé ou même étranger à ce langage et à ces symboles sous lesquels on lui dérobe ses idées, ose à peine réclamer ce qui lui appartient et se retire presque confus comme s'il avait mal inventé ce qu'il a si bien découvert. Singulier artifice que je n'ai pas besoin de caractériser davantage, mais qu'il est bon de signaler comme un des plus nuisibles aux progrès des sciences, parce qu'il est sans contredit un des plus propres à décourager les inventeurs! »[1]

Le progrès des sciences physiques vers l'unité.

89. « Dans l'histoire du développement de la physique, on distingue deux tendances inverses. D'une part, on découvre à chaque instant des liens nouveaux entre des objets qui semblaient devoir rester à jamais séparés; les faits épars cessent d'être étrangers les uns aux autres; ils tendent à s'ordonner en une imposante synthèse. La science marche vers l'unité et la simplicité.

« D'autre part, l'observation nous révèle tous les jours des phénomènes nouveaux; il faut qu'ils attendent longtemps leur place et quelquefois, pour leur en faire une,

1. Poinsot (1777-1859), *Théorie nouvelle de la rotation des corps*, mémoire présenté à l'Institut le 19 mai 1834. — Ce texte déjà ancien m'a été signalé, au moment où parut la première édition de cet ouvrage, par notre regretté collègue Charpentier, de Louis-le-Grand, qui s'intéressait beaucoup à l'histoire et à la philosophie des sciences. Il prévoyait dès cette époque les doutes qui ne manqueraient pas de s'élever contre la certitude de la physique, si la construction des théories mathématiques y faisait négliger ou même y prenait trop souvent le pas sur la recherche expérimentale, et relâchait le contact immédiat de l'esprit avec les choses.

on doit démolir un coin de l'édifice. Dans les phénomènes connus eux-mêmes, où nos sens grossiers nous montraient l'uniformité, nous apercevons des détails de jour en jour plus variés; ce que nous croyions simple redevient complexe et la science paraît marcher vers la variété et la complication.

« De ces deux tendances inverses, qui semblent triompher tour à tour, laquelle l'emportera? Si c'est la première, la science est possible; mais rien ne le prouve *a priori*, et l'on peut craindre qu'après avoir fait de vains efforts pour plier la nature malgré elle à notre idéal d'unité, débordés par le flot toujours montant de nos nouvelles richesses, nous ne devions renoncer à les classer, abandonner notre idéal, et réduire la science à l'enregistrement d'innombrables recettes.

« A cette question, nous ne pouvons répondre. Tout ce que nous pouvons faire, c'est d'observer la science d'aujourd'hui et de la comparer à celle d'hier. De cet examen nous pourrons sans doute tirer quelques présomptions.

« Aujourd'hui, que voyons-nous?

« D'abord un premier progrès, progrès immense. Les rapports de l'électricité et de la lumière sont maintenant connus; les trois domaines de la lumière, de l'électricité et du magnétisme, autrefois séparés, n'en forment plus qu'un; et cette annexion semble définitive.

« Grâce à Lorentz, les résultats de Fizeau sur l'optique des corps en mouvement, les lois de la dispersion normale et anormale et de l'absorption se trouvent rattachés entre eux et aux autres propriétés de l'éther par des liens qui sans aucun doute ne se rompront plus. Voyez la facilité avec laquelle le phénomène nouveau de Zeeman a trouvé sa place toute prête, et a même aidé à classer la rotation magnétique de Faraday qui était restée rebelle aux efforts de Maxwell; cette facilité prouve bien que la théorie de Lorentz n'est pas un assemblage artificiel destiné à se dissoudre. On devra probablement la modifier, mais non la détruire.

« Les phénomènes irréversibles sont beaucoup plus rebelles. Eux aussi cependant s'ordonnent et tendent à rentrer dans l'unité; la lumière qui les a éclairés nous est venue du principe de Carnot. Longtemps la thermodynamique s'est confinée dans l'étude de la dilatation des corps et de leurs changements d'état. Depuis quelque temps, elle s'est enhardie et elle a considérablement élargi son domaine. Nous lui devons la théorie de la pile, celle des phénomènes thermo-électriques; il n'est pas dans toute la physique de coin qu'elle n'ait exploré et elle s'est attaquée à la Chimie elle-même. Partout règnent les mêmes lois; partout, sous la diversité des apparences, on retrouve le principe de Carnot; partout aussi ce concept si prodigieusement abstrait de l'entropie, qui est aussi universel que celui de l'énergie et semble comme lui recouvrir une réalité. La chaleur rayonnante paraissait devoir lui échapper; on l'a vue récemment plier sous les mêmes lois.

« Par là nous sont révélées des analogies nouvelles, qui souvent se poursuivent dans le détail; la résistance ohmique ressemble à la viscosité des liquides; l'hystérésis ressemblerait plutôt au frottement des solides. Dans tous les cas, le frottement paraît le type sur lequel se calquent les phénomènes irréversibles les plus divers, et cette parenté est réelle et profonde.

« Mais nous avons les rayons cathodiques, les rayons X, ceux de l'uranium et du radium. Il y a là tout un monde que nul ne soupçonnait. Que d'hôtes inattendus il faut caser!

« Personne ne peut encore prévoir la place qu'ils occuperont. Mais je ne crois pas qu'ils détruiront l'unité générale, je crois plutôt qu'ils la compléteront. D'une part, en effet, les radiations nouvelles semblent liées aux phénomènes de luminescence; non seulement elles excitent la fluorescence, mais elles prennent naissance quelquefois dans les mêmes conditions qu'elle.

« Elles ne sont pas non plus sans parenté avec les causes

qui font éclater l'étincelle sous l'action de la lumière ultra-violette.

« Enfin, et surtout, on croit retrouver dans tous ces phénomènes de véritables ions, animés il est vrai, de vitesses incomparablement plus fortes que dans les électrolytes.

« Néanmoins les cadres ne sont pas rompus; les rapports que nous avions reconnus entre des objets que nous croyions simples, subsistent encore entre ces mêmes objets quand nous connaissons leur complexité, et c'est cela seul qui importe. Nos équations deviennent de plus en plus compliquées, c'est vrai, afin de serrer de plus près la complication de la nature; mais rien n'est changé aux relations qui permettent de déduire ces équations les unes des autres. En un mot, la forme de ces équations a résisté.

« Prenons pour exemple les lois de la réflexion; Fresnel les avait établies par une théorie simple et séduisante que l'expérience semblait confirmer. Depuis, des recherches plus précises ont prouvé que cette vérification n'était qu'approximative; elles ont montré partout des traces de polarisation elliptique. Mais, grâce à l'appui que nous prêtait la première approximation, on a trouvé tout de suite la cause de ces anomalies, qui est la présence d'une couche de passage; et la théorie de Fresnel a subsisté dans ce qu'elle avait d'essentiel.

« Enfin les méthodes de la physique ont envahi un domaine nouveau, celui de la chimie : la physicochimie est née. Elle est encore bien jeune, mais on voit déjà qu'elle nous permettra de relier entre eux des phénomènes tels que l'électrolyse, l'osmose, les mouvements des ions.

« De ce rapide exposé, que conclurons-nous?

« Tout compte fait, on s'est rapproché de l'unité; on n'a pas été aussi vite qu'on l'espérait il y a cinquante ans, on n'a pas toujours pris le chemin prévu; mais, en définitive, on a gagné beaucoup de terrain [1] ».

1. H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, p. 203 et suiv.

CHAPITRE V

LES SCIENCES MORALES

Définitions. — De la causalité dans les sciences morales. — Division de ces sciences. — Il peut exister une science de la nature humaine. — Des sciences normatives; place de l'esthétique. — L'opposition du fait et du droit; l'expérience en morale. — Existe-t-il une méthode pour démontrer les vérités morales? — Distinction des *principes* et des *fondements* dans les sciences morales. — Du problème de la destinée humaine. — Méthode de la sociologie : les faits sociaux doivent être considérés comme des choses. — L'État est une personne morale. — L'histoire. — La méthode historique : exemples et règles de critique historique.

Définitions.
La psychologie et les sciences normatives.

90. Une des classes de l'Institut s'appelle *Académie des sciences morales et politiques*. Les physiciens et les mathématiciens disent volontiers que c'est faire un bien mauvais usage du mot de science. Ils ont tort ou raison suivant la façon dont on l'entend.

S'il n'y a de science qu'avec des définitions rigoureuses, des démonstrations incontestables, une certitude absolue, les sciences morales ne sont pas des sciences; mais, à ce compte, il en est de même de la physiologie, de la botanique, de la géologie, de toutes les sciences naturelles et même de quelques parties des sciences physiques, avec leurs approximations et

leurs exceptions; inutile de parler de la médecine et de ses accessoires. Si au contraire on veut bien qualifier de science tout développement normal et méthodique de nos connaissances naturelles, les sciences morales méritent leur nom, malgré leur manque de rigueur.

Que faut-il pour constituer une science? D'abord, un objet réel; ensuite, qu'on puisse établir sur cet objet un ensemble d'affirmations universellement contrôlables, c'est-à-dire justifiées par des raisons telles qu'elles déterminent, sans séduction ni contrainte, l'assentiment de tous ceux qui comprennent clairement ce dont il est question [1]. Or, l'étude de l'homme, de sa conduite, de ses jugements intellectuels, esthétiques et moraux, de son histoire, peut certainement satisfaire à cette double condition. Nos sentiments, nos idées, nos désirs, nos appréciations sur le vrai et le faux, le bien et le mal, la production et l'appréciation des œuvres de science ou d'art, nos réactions individuelles ou collectives dans les diverses circonstances qui nous mettent en relation avec nos semblables ne sont pas des faits moins réels ni moins observables que les corps physiques ou les grandeurs mathématiques [2]. Il y a donc à tout le moins matière à une histoire naturelle de l'« esprit » et de ses manifestations logiques, artistiques, morales, sociales, linguistiques. C'est déjà beaucoup.

1. Cf. le texte de Gaston Milhaud cité plus loin, § 113, à propos de la méthode historique.

2. Voir dans le *Traité de Psychologie* publié sous la direction du Prof. Georges Dumas l'étude sur les méthodes de la psychologie (1re édition, tome I, Introduction; 2e édition, tome I, livre II).

Mais peut-on y trouver des lois? Ici commence la difficulté. Des lois numériques, fondées sur des définitions rigoureuses, comme celles des mathématiques, il n'y faut pas songer, et jusqu'à présent tout ce qui a été tenté dans ce sens est resté stérile. Rien ne reste identique dans le moral de l'homme, pas même la pensée de la veille quand elle se répète le lendemain. Seraient-ce des lois approchées, analogues à celles de la mécanique, de la physique et de la chimie? Mais il n'y a rien dans l'intelligence ou le sentiment qui ressemble à la transformation d'un phénomène en un autre par une mécanique latente dont on peut déterminer le secret.

Il n'y a point d'équivalence entre une volition, une émotion, une idée; même parmi les perceptions, il y a hétérogénéité radicale entre une couleur et un son, une odeur et une résistance. Enfin l'esprit fonctionne toujours comme un tout : ce qu'on peut isoler pour l'étudier utilement est un élément typique de conduite, de comportement intellectuel ou sentimental. L'idée de la causalité qui est applicable au monde physique disconvient donc totalement au monde moral.

Le bon sens y reconnaît cependant une causalité : l'idée d'une faute commise nous *cause* de la douleur; la joie nous excite et nous *porte* à l'action; une passion contrariée *détermine* un accès de désespoir. — De quelle nature est le lien qui unit ces phénomènes? Il ne peut être rationnel, puisqu'il y a hétérogénéité des deux termes; la liaison, même invariable, de deux faits aussi différents qu'un jugement et une émotion resterait toujours pour la raison un miracle inexpliqué. Cette relation est donc empirique. Le sentiment de la

douleur s'étant trouvé joint plusieurs fois au jugement qui condamne une action, nous supposons qu'il doit y avoir quelque dépendance de l'un à l'autre; et transportant au monde moral la notion imparfaite, mais commode qui nous est d'un si grand secours dans les phénomènes de la nature, nous appelons l'un cause et l'autre effet. Mais ce n'est qu'une métaphore et une analogie; la preuve en est dans l'instabilité de ces liaisons psychiques et dans la facilité avec laquelle l'effet peut s'y prendre pour la cause. L'idée d'une faute est cause de ma douleur; soit. Mais n'est-il pas aussi vrai de dire que ma douleur est ce qui me fait considérer mon acte comme une faute? On peut dire que la joie rend actif, mais c'est tout aussi bien l'activité qui rend joyeux. Est-ce la passion enfin qui engendre l'émotion, ou l'émotion qui fait la passion? Il est bien impossible de le dire, et cela n'est pas fort surprenant, puisqu'il ne s'agit que d'une manière de parler, représentant plus ou moins bien la fréquente liaison de deux phénomènes dont aucun ne peut rendre raison de l'autre, ni le faire prévoir *a priori*.

Lorsqu'un désir s'éveille en nous pour la première fois, et sans que nous ayons encore eu l'occasion de le satisfaire, nous éprouvons de la douleur, mais cette douleur nous paraît sans cause. Plus tard seulement, après expérience et vérification, nous lui donnons pour cause le manque de l'objet qui l'a fait cesser. Un homme qui souffrirait pour la première fois de la faim aurait la même sensation que celui qui connaît cette douleur; il ne saurait cependant à quoi l'attribuer. Quelque intuitif et spontané que nous semble le jugement : « Je souffre de la faim », il n'est que le résultat de l'expérience, du jugement et de la comparaison. — Tous les romanciers et les poètes ont remarqué l'apprentissage que l'homme doit faire de ses sentiments et des liaisons qui les unissent. Combien de fois nous croyons-nous affligés d'une chose, quand cette tristesse n'est qu'une pure coïncidence et vient d'une tout autre source? Un événement dont la pensée pesait sur nous comme un cauchemar ne nous paraît plus qu'insignifiant ou risible après une nuit de repos. La vraie cause de l'émotion était ailleurs: elle eût trouvé un autre prétexte en l'absence de celui-là. Julien Sorel [1], le plus conscient des héros de roman, souffre de sa situation à l'hôtel de la Môle; et comme la bienveillance qu'on lui témoigne ne lui permet pas de s'en prendre aux autres, il invente à sa mauvaise humeur une cause imaginaire. Stendhal est plein d'observations de ce genre. Un autre roman contemporain contient une merveilleuse étude de cette longue et cruelle expérience par laquelle se révèlent lentement les vraies liaisons de nos pensées, au travers de celles que nous leur avons d'abord attribuées [2]. Un homme qui touche à la vieillesse aime une jeune fille, ne veut pas se l'avouer, se donne mille prétextes pour se trouver près d'elle, et finit par en mourir; et la mère de celle-ci, qui éprouve une douleur étrange à vivre entre sa fille et son ami, met pourtant des mois à deviner sa propre jalousie et la nature de ses angoisses. Tant sont indépendants les états de l'âme et irréductibles l'un à l'autre!

1. Stendhal, *le Rouge et le Noir*.
2. Guy de Maupassant, *Fort comme la Mort*.

Nous ne saisissons donc jamais le lien qui unit deux phénomènes psychiques. Ils sont, voilà tout ce que nous pouvons en dire. L'un cesse, l'autre naît, un troisième les suit. Il y a entre eux un moindre rapport logique qu'entre les pas d'un flâneur sur le boulevard et les mouvements des planètes; car du moins la gravitation universelle rattache l'un à l'autre tous les mouvements de l'univers, tandis que rien ne peut relier deux phénomènes aussi hétérogènes qu'une souffrance et un raisonnement. A parler proprement, leur liaison est inintelligible, non pas temporairement et faute d'expériences, mais par leur nature même, qui ne se prête pas à l'explication. — Dans le monde physique on explique les qualités apparentes des corps en les ramenant à un mécanisme qui établit entre eux une équivalence, et même une identité cachée sous cette multiplicité de formes. Par là se trouve sans doute appauvrie la variété de nos sensations, dont une partie est ainsi jetée par-dessus bord; mais du moins ce qui reste est-il parfaitement intelligible; et ce reste est l'essentiel, car il nous permet de comprendre le monde et de le gouverner. Il n'en va plus de même dans le moral. Ce qui nous intéresse surtout ici, c'est précisément cet aspect qualitatif des choses, ces éléments hétérogènes dont le physicien faisait abstraction et qu'il laissait en dehors de son analyse. En théorie, on conçoit qu'il correspond peut-être à chaque fait psychique un système d'actions physiques déterminé, représentables en termes de mouvement et d'énergie [155]. Mais d'une part les psychophysiologistes sont très loin d'avoir le moyen de faire cette traduction, bien qu'ils

le cherchent activement depuis un siècle; et de plus, alors même qu'ils l'auraient trouvé, il resterait encore, dans le monde moral, bien des problèmes inaccessibles à cette méthode.

91. Cependant, sauf le cas de folie — et encore ! — il n'est pas complètement désordonné. En fait, nous y trouvons deux sortes de lois, dont l'étude forme toutes les sciences morales : des lois de répétition constante de certains processus, que l'expérience nous révèle; des lois de finalité, que la raison nous propose comme règles à suivre.

Les premières sont celles de la *psychologie* : la méthode dans son ensemble, y est donc celle de toutes les sciences qui cherchent des relations empiriques par induction. Remarquer ces lois, c'est déjà prouver qu'elles existent; mais ce qui est plus probant encore, c'est de les utiliser. L'auteur dramatique qui « connaît bien son théâtre » prévoit quelle corde il fera vibrer et quelle résonance il en tirera : le politique, le prédicateur, le médecin, le professeur, le diplomate, le prestidigitateur spéculent sur la régularité des phénomènes psychiques et réussissent souvent à les produire suivant leurs intentions[1].

1. Il paraît ressortir des discussions les plus récentes que l'emploi courant de l'analyse et de l'abstraction, la recherche des phénomènes psychiques élémentaires donne de médiocres résultats, tandis que nos meilleures connaissances psychologiques sont celles qui portent sur le global et le concret, sur l'esprit fonctionnant comme un tout et réagissant dans son ensemble à certaines situations conçues également d'une manière synthétique. Sur ce point encore, voir dans le *Traité de Psychologie* de G. Dumas, le chapitre sur les méthodes de la psychologie.

Ce serait assez pour toute autre connaissance; mais l'originalité des sciences morales est de commencer à peine où les autres finissent.

En effet, la nature de l'homme comprenant l'intelligence et la volonté, il se représente certaines fins, et s'efforce en agissant de les atteindre; mais il n'y réussit pas toujours. De là une idée étrangère aux sciences de la nature physique, celle d'une finalité tantôt satisfaite, tantôt violée. Tandis que les premières ne parlent jamais que de nécessité, les sciences morales parleront de devoir, d'intention, d'obligation. Or cette finalité peut se présenter sous trois formes, correspondant aux trois facultés de l'homme : le but que l'intelligence doit atteindre, c'est le vrai; celui de la sensibilité, le beau; celui de la volonté, le bien. Ces trois concepts forment dans leur ensemble ce qu'on nomme philosophiquement l'Idéal, sans mettre dans ce mot rien de littéraire, de vague ni d'équivoque. A chacun de ces trois concepts correspond une science : *logique*, *esthétique*, *morale*. Le philosophe allemand Wundt les a nommées « sciences normatives[1] » pour exprimer ce caractère, qui se manifeste dans tout leur développement.

La psychologie, jointe aux trois sciences normatives qui en sont le complément nécessaire, forme la philosophie; mais beaucoup de philosophes y ajoutent la science de l'être en soi ou métaphysique. Pour ceux qui acceptent cette division, la philosophie est donc la

1. Du latin *norma*, règle. — Le *normatif* peut être considéré comme un genre comprenant deux espèces : l'*appréciatif* (ceci vaut mieux que cela) et l'*impératif* (il faut faire ceci ou cela.)
2. Voir *Le parallélisme formel des sciences normatives*, Revue de métaph., juillet 1911, p. 527-532.

somme des sciences morales et de la métaphysique; pour les autres, ce terme désigne simplement l'ensemble des sciences morales, ou, comme disait Ampère, « noologiques ». De toute façon, le domaine en est bien réel, quoi qu'on en ait dit parfois, et bien déterminé.

La sociologie.

92. Aux sciences morales de l'individu s'ajoutent les sciences qui ont pour objet la société. On les appelait autrefois « sciences politiques », et on en considérait surtout les applications. L'art de gouverner les hommes, ou celui de résoudre leurs conflits juridiques y tenait la première place; le savoir proprement dit, objectif et désintéressé, y était en général subordonné aux fins pratiques : la chose est très visible dans ce qu'on nomme la politique, dans le droit, dans l'économie politique. L'histoire elle-même, qui ne paraît pourtant pas se plier facilement à cette exigence, la subissait elle aussi; car d'une part on la présentait comme le guide de la vie, *magistra vitæ*, l'institutrice des hommes de guerre et des hommes d'État; et, de l'autre, on y voyait une forme d'art, un exercice moral; souvent un plaidoyer pour telle ou telle cause, que l'on prétendait justifier par les faits.

Le grand mouvement historique et scientifique du XIX^e^ siècle a puissamment transformé cet état de choses Auguste Comte, qui a le plus contribué à établir dans la science des sociétés un esprit positif et théorique, a donné à cette science le nom caractéristique de *physique sociale*, qui n'est pas entré dans l'usage, mais qui marque bien ce qu'il voulait faire : tirer, d'une

description et d'une histoire objectives des faits sociaux, les lois générales qui gouvernent ces faits, de même que, de la connaissance des faits de la nature, on tire des lois physiques et biologiques. Il donnait aussi à cet embranchement des sciences le nom de *sociologie*; ce terme est grammaticalement mal formé, à cause de l'incohérence de ses racines; mais c'est celui qui a prévalu, par sa ressemblance avec d'autres noms de science auxquels on était accoutumé.

Toutes les parties des sciences sociales ont subi une transformation corrélative. L'histoire économique, politique, religieuse, littéraire, etc., a pris de plus en plus pour but unique de découvrir et de faire connaître le passé tel qu'il fut, quel qu'il fût, sans y chercher ni leçon, ni plaidoyer, et simplement pour mettre devant nous les matériaux d'où pourront un jour peut-être se dégager les lois des sociétés. A l'ancienne *économie politique*, qui cherchait à justifier les phénomènes économiques observés, s'est substituée la science économique, ou, comme on dit souvent de nos jours, l'*économique*, qui ne se propose que de déterminer, en dehors de toute approbation ou désapprobation, ce qu'il y a de régulier et de nécessaire dans les phénomènes de distribution, d'échange, de consommation des richesses. Il n'est pas jusqu'au *droit* qui n'ait été modifié dans son orientation par cet esprit nouveau; sans doute il a continué à être étudié par les hommes de loi, les administrateurs et les magistrats dans ses applications pratiques, en vue de résoudre les difficultés qui peuvent se produire dans la vie journalière; mais en même temps il s'est constitué une science de

la réalité juridique, ayant pour objet de comprendre l'origine du droit, ses transformations et leurs causes, ses rapports avec les autres phénomènes sociaux concomitants, tout à fait de la même manière qu'on étudierait une fonction biologique, par exemple la respiration ou la circulation dans la série animale; et par là l'étude en est devenue proprement sociologique.

Il est vrai que la sociologie ainsi comprise en est encore tout à fait à ses débuts. On cherche surtout, de nos jours, comment y observer et y définir les faits, comment les classer, les coordonner et les comparer [103]. C'est même une question encore ouverte que de savoir comment définir un fait social. Accordera-t-on ce nom à tous les phénomènes qui se passent dans l'intérieur d'une société? Mais alors manger, dormir, voyager, réfléchir, seraient des phénomènes sociaux. — Le restreindra-t-on aux phénomènes qui supposent l'existence de rapports entre les hommes, et qui seraient impossibles sans l'existence d'une société? Ce serait encore bien large : car parler, écrire, discuter, faire de la science, créer des œuvres d'art, adhérer à une religion, tout cela suppose l'existence de la société et s'anéantirait sans elle. Faudra-t-il donc faire rentrer dans la sociologie toute la psychologie, la logique, l'esthétique, la critique littéraire, la morale et la théologie? C'était en somme le parti que prenait Auguste Comte : car il refusait de faire de la psychologie une science à part et il en répartissait les morceaux en deux séries de fonctions, les unes biologiques, et les autres sociales. Les sociologues contemporains font

d'ordinaire un effort pour restreindre plus encore la définition de l'ordre sociologique. Tarde[1], dans son célèbre système, le caractérisait par l'*imitation*, c'est-à-dire par la coutume et la mode, en tant qu'elles s'opposent aux innovations individuelles ; Durkheim[2] a proposé un criterium plus précis : « Est *fait social*, dit-il, toute manière d'être ou manière d'agir, qui ne dépend pas de la volonté de l'individu, mais qui s'impose au contraire à lui comme par une sorte de contrainte extérieure, produite par la société tout entière sur chacun de ses membres. » Ainsi, chacun est obligé, même s'il le fait avec plaisir, de se conformer aux lois, aux mœurs, aux usages de son pays; s'il voulait s'y soustraire, il y serait rappelé, et souvent d'une façon très dure, tantôt par les tribunaux ou les autorités dont il dépend, tantôt par la révolte de l'opinion publique, par la réprobation de ses chefs, de ses amis, de ses proches, ce qui constituerait une sanction non moins pénible. Par suite, on pourrait dire que les faits sociaux ont une existence propre d'un genre spécial, inhérente à la société prise dans son ensemble, indépendante de ses manifestations individuelles, et quelquefois inaperçue de tous ceux qui la subissent, de même que la pression atmosphérique a été supportée pendant des siècles par l'espèce humaine avant

1. Gabriel de TARDE (1841-1904), magistrat, puis professeur au Collège de France; auteur d'un grand nombre d'ouvrages de philosophie sociale, notamment *Les lois de l'imitation*.

2. E. DURKHEIM (1858-1917), Professeur à la Sorbonne, Directeur de l'*Année sociologique*, auteur de la *Division du travail social* (1892), *Les règles de la méthode sociologique* (1895), *Les formes élémentaires de la vie religieuse* (1912), etc. Voir plus loin l'exposé du principe fondamental de sa méthode, §§ 103 et 104.

qu'on découvrit ce phénomène trop universel et trop commun. — Mais tout cela est encore en voie de formation; nous sommes à peu près, dans ce domaine, au point où se trouvait la physique au temps de Galilée.

Qu'il y a ou peut y avoir une science de la nature humaine.

93. « C'est une idée très commune, ou du moins impliquée dans beaucoup d'expressions très communément employées, que les pensées, sentiments et actions des êtres sensibles ne peuvent être un objet de science, rigoureusement au même sens que les êtres et les phénomènes du monde extérieur. Cette idée contient, à ce qu'il semble, quelque confusion qu'il est nécessaire d'éclaircir tout d'abord.

« Les faits qui se succèdent d'après des lois constantes sont en eux-mêmes propres à être le sujet d'une science, lors même que ces lois ne seraient pas encore découvertes, ou même qu'elles ne pouvaient l'être avec nos ressources actuelles. Prenons, par exemple, la classe des phénomènes météorologiques qui nous sont le plus familiers, la pluie et le beau temps. L'investigation scientifique n'a pas encore réussi à trouver l'ordre d'antécédence et de conséquence de ces phénomènes de façon à pouvoir, au moins dans nos contrées, les prédire avec certitude, ni même avec un haut degré de probabilité. Cependant personne ne doute qu'ils ne dépendent de certaines lois, et que ces lois doivent dériver de lois supérieures connues, celle de la chaleur, de la vaporisation et des fluides élastiques. Il est hors de doute aussi que si nous connaissions toutes les circonstances antécédentes, nous pourrions par ces seules lois plus générales (sauf les difficultés de calcul) prédire l'état de l'atmosphère dans un temps futur quelconque. Ainsi donc, non seulement la météorologie remplit toutes les conditions pour être une science, mais elle en est une dès à présent, quoique la difficulté d'observer les faits dont dépendent les phénomènes

la rende extrêmement imparfaite. Et même fût-elle parfaite, elle serait probablement de peu d'utilité dans la pratique, puisqu'il serait rarement possible de réunir les données requises pour l'application de ses principes aux cas particuliers.

« La science de la nature humaine est du même genre.... Les phénomènes dont elle s'occupe étant les pensées, les sentiments et les actions des êtres humains, elle aurait atteint la perfection scientifique idéale si elle nous mettait à même de prédire comment un individu penserait, sentirait ou agirait dans le cours de sa vie avec une certitude pareille à celle de l'astronomie quand elle prédit les positions et les occultations des corps célestes. Il est à peine besoin de dire qu'on ne peut rien faire d'approchant. Les actions des individus ne peuvent être prédites avec une exactitude scientifique, ne fût-ce que parce que nous ne pouvons prévoir toutes les circonstances dans lesquelles ces individus se sont placés. Mais en outre, même dans une combinaison donnée de circonstances présentes, on ne peut rien affirmer de précis et d'universellement vrai sur la manière dont les êtres humains penseront, sentiront et agiront. Ce n'est pas cependant que les manières de penser, de sentir et d'agir de chaque personne n'aient leurs causes [1]; et il est hors de doute que si, pour un individu quelconque, nos données pouvaient être complètes, nous connaissons assez dès maintenant les lois primitives des phénomènes psychologiques pour pouvoir prédire dans beaucoup de cas avec quelque certitude quels seraient, dans la plupart des combinaisons de circonstances supposables, ses sentiments et sa conduite. Mais les impressions et les actions des êtres humains ne sont pas le résultat des circonstances actuelles seulement, elles sont le résultat combiné des circonstances et du caractère des individus. Or les influences qui déterminent le caractère humain sont si nombreuses et si variées — car tout ce qui arrive à

1. J. S. Mill n'emploie le mot de cause, comme il en avertit lui-même ses lecteurs, que dans le sens d'antécédent invariable.

une personne dans le cours de sa vie exerce sur elle quelque influence, — qu'elles ne se présentent pas deux fois réunies et combinées de la même manière. D'après cela, lors même que notre science de la nature humaine serait théoriquement parfaite, c'est-à-dire que nous pourrions calculer un caractère comme nous pouvons calculer l'orbite d'une planète d'après ses données, cependant comme on n'a jamais toutes les données ni jamais des données exactement semblables dans les différents cas, nous ne pourrions ni faire sûrement des prédictions, ni établir des propositions universelles.

« Cependant beaucoup des effets qu'il importe le plus pour les hommes de rendre susceptibles d'être prévus et contrôlés, étant, comme les marées [1], déterminés dans une bien plus large mesure par les causes générales que par toutes les causes partielles prises ensemble, et dépendant principalement des circonstances et des qualités communes à tout le genre humain (ou du moins à de grandes classes) et à un faible degré seulement des idiosyncrasies [2] d'organisation et de l'histoire particulière des individus, il est évidemment possible, pour tous les effets de ce genre, de faire des prédictions qui se vérifieront *presque* toujours et d'établir des propositions générales qui seront presque toujours vraies. Toutes les fois qu'il ne faudra que savoir comment agira, sentira et pensera la grande majorité de la race humaine ou de quelque nation ou classes de personnes, ces propositions équivaudront à des propositions universelles. Or c'est là tout

1. Nous avons supprimé plus haut, dans le texte de J. S. Mill, après l'exemple de la science météorologique, un autre exemple assez long sur la science des marées, et qui se peut résumer ainsi : la science des marées existe, bien qu'elle ne soit pas exacte. Elle ne peut être exacte, parce que l'heure et la hauteur précise du flot dépendent d'une infinité de circonstances qu'on ne peut faire entrer en ligne de compte; elle existe cependant, parce que les causes et les lois générales du phénomène sont assez importantes pour qu'on puisse négliger les irrégularités.

2. Ensemble des circonstances propres à chaque sujet particulier.

ce qu'il faut pour le but des sciences politiques et sociales. Dans les recherches sur les faits sociaux, une généralisation approximative équivaut pour la plupart des besoins pratiques à une généralisation exacte; et ce qui n'est que probable quand on l'affirme d'individus pris au hasard, est certain quand on l'affirme du caractère et de la conduite des masses.

« La science de la nature humaine ne se trouve donc pas discréditée par cette réserve, que celles de ses propositions générales qui descendent assez dans le détail pour servir de fondement à une prédiction des phénomènes ne sont vraies pour la plupart qu'approximativement. Mais pour donner à cette étude un caractère vraiment scientifique, il faut que ces généralisations approximatives, qui en elles-mêmes se réduisent à des lois empiriques des derniers degrés [1], soient rattachées déductivement aux lois naturelles dont elles résultent; il faut qu'elles soient ramenées aux propriétés des causes dont les phénomènes dépendent. En d'autres termes, on peut dire que la science de la nature humaine existe dans la mesure où les vérités approximatives qui constituent la connaissance pratique de l'homme, peuvent être considérées comme des corollaires des lois universelles de la nature humaine, sur lesquelles elles reposent. Par ce moyen en effet, les limites propres de ces vérités approximatives se trouveraient fixées d'avance, et nous serions alors en mesure d'en déduire d'autres à l'égard de nouvelles circonstances, sans attendre une expérience spécifique [2]. »

Des sciences normatives.

94. La psychologie ne s'occupe que de ce qui est. Elle décrit, classe, forme des lois, et ne va pas plus

1. C'est-à-dire des moins générales, et constatées simplement par l'observation, qui par elle seule ne suffit pas à nous en faire comprendre le pourquoi.

2. John-Stuart Mill (1806-1873), économiste et philosophe, député de Londres, *Système de logique*, liv. VI, chap. III. Traduction Louis Peisse. – Félix Alcan, éd.

loin. Tous les faits, en tant que faits, lui paraissent également respectables; elle étudie le crime comme la vertu; pourvu qu'elle y trouve quelque succession constante à observer, quelque mécanisme mental à démonter et à faire jouer, cela suffit. La Rochefoucauld dit : « Les hommes ne sont pas seulement sujets à perdre le souvenir des bienfaits et des injures; ils haïssent même ceux qui les ont obligés et cessent de haïr ceux qui leur ont fait des outrages ». Voilà un fait. Il le constate et l'expliquerait au besoin, mais n'en donne pas son avis. C'est un psychologue.

Au contraire, il arrive souvent qu'on prenne les choses par un autre biais : on porte un jugement *d'appréciation* sur la valeur des idées ou des actes, en les rapportant à une règle antérieure qui sert de critérium. Les faits irréguliers ne comptent pas, ou ne comptent que négativement, en tant qu'exceptions. La règle (*norma*) s'applique bien alors comme la loi physique à tous les faits qui sont de son domaine : pour ceux qui s'accordent avec elle, c'est un commandement qui a été suivi; pour les autres, c'est un commandement qui *aurait dû* l'être. De là des sciences *normatives* [91] ayant pour objet l'étude des faits, non pas en tant qu'ils sont, mais en tant qu'ils atteignent ou n'atteignent pas le but qui leur est propre, en tant qu'ils sont réussis ou manqués. Les sciences explicatives considèrent leur objet dans ses rapports de causalité, en entendant ce mot au sens très général que nous avons déjà défini. Les sciences normatives considèrent le leur dans ses rapports de finalité.

Il en résulte que ces sciences ne se rencontrent que

dans le domaine moral, et pas dans le domaine physique. Une loi naturelle qui a des exceptions est une loi que nous connaissons mal, et qui est formulée imparfaitement : c'est elle qui a tort [65]. S'il y a une finalité dans la nature, nous ne la connaissons pas; et si nous hasardons sur elle quelque hypothèse métaphysique, le plus logique et le plus religieux sera de la supposer assez parfaite pour ne jamais manquer le but qu'elle se propose. La condition essentielle du jugement d'appréciation est donc toujours la volonté humaine. Là seulement nous pouvons distinguer l'obéissance et la désobéissance à un commandement, le concept d'Etre de celui de Devoir.

Mais le but de cette finalité peut être multiple. En fait, elle prend trois formes tout à fait différentes auxquelles toutes les autres se réduisent aisément : le bien, le vrai, le beau. De la Morale dépendent les règles normatives du droit, de la politique, de l'économie sociale; de la Logique, celles de la grammaire, des mathématiques, de toutes les sciences de raisonnement; de l'Esthétique enfin, celles qui touchent à l'exécution et à la critique des œuvres d'art. Pourquoi ces trois formes et rien que trois? Il est malaisé de le dire. Cependant cela n'est point sans connexion avec la nature triple de l'homme, formé d'une intelligence, d'une sensibilité et d'une volonté; le beau seul est un peu trop étroit pour répondre à cette classification. Il faudrait pour y rétablir entièrement l'équilibre, ne le considérer que comme une division d'une classe plus générale, idéal de notre sensibilité, et qui pourrait être appelé le *désirable*. Mais cela ne laisserait pas de souffrir encore des difficultés.

95. Wundt, qui a le plus éclairci le caractère du concept de norme, et des sciences qui s'en servent [1], réduit les sciences normatives à deux seulement : la logique et la morale. Le beau n'est à son sens qu'une sensation confuse de la satisfaction intellectuelle et morale que nous procurent les œuvres d'art : « D'un côté le plaisir esthétique est lié à certains principes de finalité que notre pensée logique s'efforce de découvrir et d'appliquer; de l'autre — et c'est la raison essentielle de l'influence de l'art sur notre sensibilité, — le beau suggère les formes multiples du sentiment moral, car toutes les formes supérieures de l'émotion esthétique proviennent de la tension et de la détente de ce sentiment. La logique et l'éthique nous apparaissent donc finalement comme les sciences normatives proprement dites. » Il est fort contestable que le Beau puisse ainsi se décomposer. Lorsque nous cherchons notre plaisir, esthétique ou sensible, nous avons très clairement conscience de poursuivre une fin spéciale et qui n'est ni la certitude du savoir, comme dans les sciences, ni la rectitude de l'action, comme dans la morale. C'est ainsi que dans les ouvrages de l'esprit le dilettantisme est à coup sûr très artistique, et réjouit au plus haut point notre sens du beau, sans satisfaire le plus souvent les désirs de notre raison et de notre conscience. Quoi de plus admirable, au pur point de vue de l'art, que les œuvres philosophiques d'un écrivain comme Renan, dont les compositions égalent les symphonies les plus riches et les plus élevées et arrivent presque à leur ressembler,

1. W. Wundt, *Éthique*, ou Étude sur les faits et les lois de la vie morale. Préface.

tant les mots y prennent de timbre, de nuances et de sonorité? Et leur beauté se passe pourtant aisément de la rigueur logique comme de la vérité morale. Il faut donc bien que l'art ait sa fin propre, et ne soit pas seulement le véhicule d'autres idées. Si la justice et la vérité le grandissent, il n'est pas vrai qu'ils le créent.

Il y a plus. Quand même, au fond, notre plaisir consisterait à percevoir inconsciemment dans l'art des rapports logiques ou moraux, l'esthétique existerait encore comme science et ne se subordonnerait point pour cela à la morale et à la logique. Leibniz définissait la musique *exercitium mathematicæ occultum nescientis se numerare animi*[1]. Admettons-le. Mais d'où vient l'attrait que nous font éprouver ces mathématiques? Ressentira-t-on jamais à méditer sur le rapport 2 : 3 le plaisir que donne l'accord de quinte? Et quand on en saurait logiquement tout ce qu'on en peut savoir, trouverait-on dans ses propriétés numériques la raison de son charme? Pas plus qu'on ne connaîtrait un sentiment en connaissant le mouvement cérébral qui lui correspond. Le secret du plaisir est dans la constitution de notre nature et dans les mystérieuses convenances que nos sensations rencontrent en nous. J. S. Mill dit avec beaucoup de raison, au début de sa *Logique*, qu'il est vain de vouloir renfermer le monde dans une seule formule, parce qu'il y aura toujours au moins autant de propositions spéciales qu'il se rencontre dans l'homme de perceptions qualitativement différentes : puisqu'il y a un phénomène *sui generis* appelé la couleur, qui n'est ni chaleur, ni odeur, ni mouvement, il faut une science de la couleur; et cette science ne sera nullement la mécanique, même en prenant comme démontré que l'antécédent immédiat de cette perception est toujours un mouvement. Il en est de même du beau : la conscience nous atteste qu'il plaît et se fait rechercher pour lui-même; et puisque le caractère propre des sciences normatives est dans la finalité, quelle autorité supérieure pourrait-on invoquer à la conscience de celui qui conçoit cette finalité et par elle se décide à agir?

1. L'exercice mathématique inconscient d'un esprit qui calcule sans le savoir.

96. Les trois sciences normatives, Esthétique, Logique et Morale, sont donc sur le même pied au point de vue théorique, sans qu'aucune d'elles puisse être absorbée par les autres. Mais au point de vue pratique la morale a sur ses deux sœurs une inévitable primauté. Elle commande aux actes, et par là régit l'âme entière : comparer, juger, raisonner, c'est agir; créer une œuvre d'art, sculpter une statue, écrire un poème, c'est agir encore. L'homme n'a donc rien en lui qui ne tombe sous le coup de la morale. On conçoit même que si le vrai et le beau présentent en soi le caractère normatif d'une règle à laquelle on peut obéir ou se refuser, ils n'empruntent un caractère d'*obligation* que de l'autorité plus générale du bien qui les pénètre sans leur ôter leur nature propre, et crée l'unité supérieure de la vie. Vérité morale que symbolise d'une façon grandiose la métaphysique platonicienne, en faisant du Bien l'essence du monde et la forme suprême de la réalité.

Méthode des sciences normatives.

97. Les caractères particuliers aux sciences normatives exigent une méthode qui leur soit également particulière. La méthode expérimentale ne leur convient pas, ou du moins ne saurait y être employée comme procédé fondamental de connaissance; en effet l'observation, l'hypothèse, l'expérimentation peuvent bien révéler ce qui se passe, mais non ce qui *doit* se passer; on peut fort bien n'avoir avancé que des erreurs, jusqu'à ce jour, sur une question dont la solution *vraie* n'est pas détruite pour cela. On peut toujours avoir agi, dans telle conjoncture particulière, à contresens de la loi morale, sans que l'autorité de cette loi se trouve diminuée par cette éternelle désobéissance.

Mais cependant ces sciences reposent sur des faits? — Cela est vrai, mais non pas dans le même sens que les sciences de la nature. Celles-ci reçoivent tous les faits; celles-là ne reçoivent que les faits affectés d'un certain jugement, exprimant l'effort de l'activité dans une certaine direction, à l'exclusion de certaines autres. Spencer a défini la morale *un cas particulier de la conduite universelle*, comprenant toutes les réactions des êtres vivants aux excitations qui viennent de leur milieu. La détermination de l'idéal humain se ferait ainsi *a posteriori*, comme on déterminerait par comparaison le centre d'une cible où resterait seulement la trace des balles. C'est une véritable *ignoratio elenchi*. Il s'agit de savoir quelle est la manière d'agir que nous jugeons préférable, et non quelle est la manière d'agir la plus répandue. Rien ne prouve *a priori* que la conduite humaine *moyenne* soit en même temps la *meilleure* conduite à tenir et la plus digne d'approbation. Voyez ce qui se produit dans des exemples analogues : que dirait-on d'une logique qui recueillerait toutes les opinions vraies, probables, fausses, absurdes, contradictoires, telles qu'elles se sont produites, en fait, sur la majorité des points depuis l'origine de la science, et qui viendrait dire comme conclusion : « Prenez la moyenne de tout cela, et vous aurez la vérité »? Que dirait-on d'une esthétique qui, pour éclaircir la notion du beau, rassemblerait pêle-mêle les chefs-d'œuvre des maîtres et les croûtes des barbouilleurs d'enseignes, les statues grecques et les magots des sauvages? Cette méthode est excellente pour déterminer une loi, quand on sait d'avance qu'elle ne peut pas avoir d'exception : ainsi dans la physique. Mais dans les sciences normatives, où le propre des lois est justement de pouvoir être violées effectivement dans bien des cas, quel résultat espérer d'une induction ainsi faite?

Ce serait donc une tentative vaine que de vouloir fonder une morale expérimentale, dont les principes seraient trouvés par la comparaison et la généralisation. Les hommes le plus souvent sont égoïstes, sensuels, malhonnêtes, intéressés; ils jugent par leurs passions et non par leur raison; ils se mettent à chaque instant en contradiction avec eux-mêmes. Ce n'est pas à dire qu'ils fassent *bien* en pratiquant toutes ces belles qualités. On connaît la célèbre remarque de Kant : il n'y a peut-être pas eu depuis le commencement du monde un seul acte de moralité vraiment pure; mais la moralité n'en existe pas moins, car c'est

la raison qui la prescrit et non l'expérience. L'observation de ce qui se passe, si parfaite qu'elle soit, ne peut jamais en révéler la légitimité ou l'illégitimité. Dans un chapitre du *Contrat social* ironiquement intitulé : « Le droit du plus fort », Jean-Jacques Rousseau montre vigoureusement cette différence, et l'opposition du fait avec le droit :

98. « Le plus fort n'est jamais assez fort pour être toujours le maître, s'il ne transforme sa force en droit et l'obéissance en devoir. De là le droit du plus fort, droit pris ironiquement en apparence et réellement établi en principe. Mais ne nous expliquera-t-on jamais ce mot? La force est une puissance physique; je ne vois point quelle moralité peut résulter de ses effets. Céder à la force est un acte de nécessité, non de volonté; c'est tout au plus un acte de prudence. En quel sens pourra-ce être un devoir?

« Supposons un moment ce prétendu droit. Je dis qu'il n'en résulte qu'un galimatias inexplicable; car sitôt que c'est la force qui fait le droit, l'effet change avec la cause : toute force qui surmonte la première succède à son droit. Sitôt qu'on peut désobéir impunément, on le peut légitimement; et puisque le plus fort a toujours raison, il ne s'agit que de faire en sorte qu'on soit le plus fort. Or qu'est-ce qu'un droit qui périt quand la force cesse? S'il faut obéir par force, on n'a pas besoin d'obéir par devoir; et si l'on n'est plus forcé d'obéir, on n'y est plus obligé. On voit donc que le mot *droit* n'ajoute rien à la force; il ne signifie ici rien du tout.

« Obéissez aux puissances. — Si cela veut dire : cédez à la force, le précepte est bon, mais superflu; je réponds qu'il ne sera jamais violé. Toute puissance vient de Dieu, je l'avoue; mais toute maladie en vient aussi : est-ce à dire qu'il soit défendu d'appeler le médecin? Qu'un brigand me surprenne au coin d'un bois, non seulement il faut par force donner la bourse, mais quand je pourrai la soustraire, suis-je en conscience obligé de la donner? Car enfin le pistolet qu'il tient est aussi une puissance.

« Convenons donc que force ne fait pas droit, et qu'on n'est obligé d'obéir qu'aux puissances *légitimes*. Ainsi, ma question primitive revient toujours [1]. »

99. Il faut pourtant reconnaître qu'après la méthode spéciale par laquelle on établit les concepts directeurs des sciences normatives, l'expérience, telle qu'on l'emploie dans les sciences de la nature, est tout à fait nécessaire pour développer et appliquer ces concepts. Prenons en effet comme exemple la morale. Il est nécessaire de se demander deux choses : 1° Quel a été, en fait, le « contenu [2] » pratique de la morale, la liste des devoirs prescrits dans telle société et à telle époque; en cela l'histoire de la morale est inséparable d'une connaissance philosophique de la morale elle-même; — 2° quel doit être, actuellement, le « contenu » des règles morales que nous nous prescrivons à nous-mêmes ou que nous prescrivons à ceux sur lesquels nous avons autorité. Dans la plupart des règles pratiques dont l'ensemble constitue « la morale », il n'y a rien en effet, sauf peut-être la bonne volonté, qui soit bon par soi-même et absolument; les actes qu'elles commandent ou qu'elles interdisent sont bons ou mauvais parce qu'ils servent ou qu'ils nuisent prati-

1. J.-J. Rousseau (*Contrat social*, 1, 4).

2. Terme technique de philosophie : on appelle « contenu » ou « matière » d'une règle la chose particulière qu'elle défend, permet, prescrit, recommande, etc., par opposition à sa « forme », c'est-à-dire au fait de défendre, permettre, prescrire, recommander, etc. Exemple : Il est défendu (*forme*) de descendre d'un train à contre-voie (*contenu*) ».

quement à ce qui est considéré comme un progrès moral. Si l'on améliorait la santé d'un homme en le frappant, si on développait son intelligence en lui donnant l'habitude de boire de l'alcool, ces actes qui sont aujourd'hui considérés comme mauvais seraient alors, et à juste titre, considérés comme bons. Or l'observation seule peut nous apprendre ce qui, dans le détail, tend à détruire ou à améliorer la société, à perfectionner ou à faire déchoir la personnalité humaine. L'expérience entre donc par là dans la morale; et même, semble-t-il, elle est toujours nécessaire pour résoudre les problèmes de morale pratique qui divisent les hommes. Car si l'on observe bien en quoi consistent ces problèmes, on verra que, dans la presque totalité des cas, ceux qui discutent sont d'accord sur le but à atteindre, et diffèrent surtout sur l'efficacité des moyens. Un radical comme un conservateur veulent tous deux en principe que les revenus de l'État soient aussi sûrs et aussi abondants que possible, que l'impôt soit réparti de la façon la plus équitable, qu'aucune catégorie de citoyens ne soit chargée au delà de ses forces, etc.; et quand ils déclarent les uns et les autres ces principes dans leurs programmes, ils ne manquent pas autant de sincérité qu'on le pense d'ordinaire; — mais la question est de savoir si ces résultats sont mieux atteints par le système dit des contributions, ou par l'impôt sur le revenu : et cela, on n'en peut rien connaître que par l'étude des faits et par l'expérience.

Il pourrait même très bien se faire que certaines manières d'agir eussent un bon effet moral dans une

société déterminée, et un effet tout contraire dans une autre société dont l'état économique ou politique serait différent, de même que le grand air et l'exercice sont bons pour les dyspeptiques, et mauvais pour ceux qui ont la fièvre. Il n'est pas douteux que les principales contradictions du jugement moral entre les peuples, que les sceptiques se sont fait un plaisir de relever, tiennent presque toujours à ces différences de fait. Les peuples à natalité trop forte ont souvent approuvé, et quelquefois imposé l'infanticide; les peuples à natalité faible le condamnent au contraire sévèrement; mais les uns et les autres veulent évidemment une seule et même chose, qui est la conservation du chiffre moyen de population le mieux adapté à leurs conditions d'existence, et par suite au développement normal des individus qui les composent.

Sans doute, dans la morale, l'effet n'est pas tout, l'intention et l'effort font seuls le *mérite*, et en ce sens celui qui veut réellement le bien l'a déjà fait. Ainsi la part de la technique, et par suite de l'expérience scientifique usuelle, se trouve restreinte en ce qui concerne la valeur morale des hommes; cette part cependant ne sera pas tout à fait nulle, car on ne peut prétendre vouloir réellement le bien si l'on ne s'occupe pas des moyens de le réaliser et si l'on se contente d'une bonne volonté verbale et stérile; l'arbre se reconnaît à ses fruits. — Mais dans la logique, en tout cas, et dans l'esthétique, il ne suffit pas de vouloir : l'acquisition de la vérité, comme la création du beau, demandent la connaissance des lois propres à la matière sensible de notre œuvre; ainsi l'application des prin-

cipes généraux de l'art demandera de grandes connaissances de fait lorsqu'on étudiera spécialement la poésie, la musique, la peinture, l'architecture ou la sculpture; et de même, la logique pratique, ou méthodologie, ne pourra se constituer pour chaque espèce de science qu'en empruntant à l'observation et à l'expérience un nombre considérable de données, comme il est facile de le constater dans tout le cours de cet ouvrage, et comme la remarque même que nous faisons en ce moment en est la preuve.

Existe-t-il une méthode pour démontrer les vérités morales?

100. Toute démonstration, ou toute controverse, suppose d'abord, et comme condition *sine qua non*, deux sortes de données. En premier lieu, des règles logiques ou au minimum une règle logique dont la valeur est mise jusqu'à nouvel ordre au-dessus de la discussion. Sans cela, pas de sciences : il n'en existe que là où nous avons un critérium qui nous permette de distinguer le vrai du faux, la pensée universalisable de la pensée purement individuelle. Elle implique qu'il existe un procédé de vérification dont la valeur est reconnue par celui qui enseigne et par celui qui apprend, par celui qui soutient une thèse et par celui qui la contredit; qu'il existe en un mot des raisons qui sont des raisons pour tout esprit capable de les comprendre. — En second lieu, il faut encore des affirmations matérielles premières (j'entends *matérielles* au sens logique du mot), affirmations dont la valeur est, elle aussi, mise jusqu'à nouvel ordre au-dessus de la discussion. Ces affirmations sont, en matière de science déductive, des postulats indémontrables : par exemple, en géométrie, la possibilité de diviser une droite finie en deux parties égales ou de déplacer une figure sans déformation. On *demande* alors à

l'interlocuteur, et le nom même le rappelle, s'il accorde ces vérités et s'il les tient pour valables [1]. En matière de science expérimentale, nous demandons à l'interlocuteur s'il voit le même phénomène que nous, s'il lit le même numéro sur son échelle graduée, s'il aperçoit la même différence de couleur dans son éprouvette. Et ce sont encore des postulats.

De ces deux conditions résulte une troisième : c'est que l'existence des *sciences*, en prenant ce mot au sens où nous l'appliquons tous les jours, implique d'abord qu'il y a des esprits divers, qui communiquent entre eux, et qui, primitivement contraires par leurs opinions, peuvent arriver à se mettre d'accord sur un savoir. Et sans doute, on peut, si l'on veut, parler d'une science absolue dans un esprit unique ou isolé. Mais alors on parle, soit d'une *limite* où convergeraient les esprits, qui ne se comprend que comme limite, et par cette convergence même; soit d'une connaissance divine dont nous ne pouvons nous faire aucune idée et qui a juste autant de ressemblance avec notre connaissance humaine qu'il peut s'en trouver entre une racine carrée et une racine pivotante.

Ceci posé, qu'exigeons-nous d'une démonstration mathématique, physique ou médicale, pour la reconnaître comme applicable à la vie réelle, et *rationnellement* satisfaisante? Nous exigeons qu'étant donnée une proposition d'abord incertaine et discutée, elle rattache cette proposition à des principes accordés, ou à des faits constatés, par le moyen des lois logiques propres à l'étude dont il s'agit, et cela de telle manière que tout esprit suffisamment intelligent perçoive le lien qui unit les données reçues à la conclusion démontrée. Quand cette démonstration est acquise,

1. Je prends ici mes exemples dans la géométrie élémentaire, telle qu'on l'enseigne et qu'on l'applique. Mais on sait que, même dans la géométrie « purement logique », les mêmes nécessités se répètent, à l'étage supérieur. Le problème y est même précisément de définir le *système minimum* de postulats d'où l'on puisse tirer l'ensemble de la science.

nous nous croyons en droit d'en faire état pour établir un règlement sanitaire, pour entreprendre la construction d'un ouvrage d'art, pour obtenir la solution d'un procès; nous disons dans ce cas que notre manière d'agir ou notre exigence est rationnelle, par opposition à la conduite ou à l'exigence qui résultent d'une croyance personnelle, d'une habitude locale, d'un sentiment impossible à justifier par des motifs valables pour tout le monde.

Mais nous ne demanderons pas que notre démonstration crée de toutes pièces la proposition que nous venons de démontrer, sans la tirer d'aucune proposition primitive et reçue antérieurement. Non seulement une pareille prétention serait pratiquement irréalisable, mais elle irait contre la raison : car s'il fallait, pour que A fût rationnellement prouvé, qu'il fût déduit de B, B de C, et ainsi de suite sans terme, rien ne serait jamais prouvé et par conséquent rien ne serait rationnel. La science idéale n'est pas celle « où l'on définirait tous les termes, et où l'on prouverait toutes les propositions », et l'absence de cette déduction infinie dans notre savoir n'est pas une faiblesse compensée par ce fait que « la nature le soutient à défaut du discours [1] ». Le discours ne crée rien par lui-même; il n'est qu'un moyen de transport. Notre force, pour la connaissance de la vérité, est toute dans l'intuition, et notre faiblesse dans la nécessité de prouver médiatement ce qui ne se suffit pas à soi-même. Aristote disait très profondément, en ce sens, que toute science (discursive) vient d'une science préexistante.

Sans doute, les logiciens et les mathématiciens modernes ont découvert qu'on peut faire remonter la déduction au delà des propositions habituellement reçues comme principes : mais c'est en dissociant les intérêts de la certitude et ceux de l'analyse, en prenant pour règle de déduire tout l'ensemble d'une science du plus petit nombre d'énonciations, quelles que soient ces énonciations, alors même qu'elles ne s'imposeraient pas du tout à l'esprit, et qu'elles

1. Pascal, *Esprit géométrique.*

seraient, au point de vue de l'assentiment, beaucoup plus douteuses que ce qu'on en déduit. Les propositions les plus évidentes se trouvent alors placées à un niveau intermédiaire, et l'ensemble forme un système hypothético-déductif dont on peut considérer, *ad libitum*, soit la solidarité logique, soit la vérité objective. On n'échappe ni dans l'un, ni dans l'autre cas, à la condition fondamentale, qui est de commencer par quelques propositions indémontrées; et par suite, dès qu'on veut considérer cette science comme *preuve* de quoi que ce soit, on est toujours obligé de revenir prendre son point d'appui sur celles des propositions qui ne font aucun doute pour l'homme qui démontre, et pour ceux à qui il prétend démontrer quelque chose. Une pareille démonstration est le type même de ce que nous entendons par rationalité.

Ajoutons une remarque. Aucune catégorie nouvelle de détermination, et spécialement aucun degré supérieur dans la modalité ne peut être créé de toutes pièces au cours de la démonstration, quand il n'est pas contenu dans les principes. Si je pars de propositions concernant des surfaces, je pourrai les combiner indéfiniment sans jamais trouver un théorème concernant des poids. De même je ne puis rencontrer sur mon chemin aucune proposition apodictique, si je n'ai pour prémisses que des propositions assertoriques; et si je pars des problématiques, je ne puis en tirer que des problématiques. C'est toujours le problème de la hauteur des mâts et de l'âge du capitaine.

Or, toutes ces vérités, incontestées, semble-t-il, quand il s'agit des sciences de fait, sont communément perdues de vue quand il s'agit des sciences dites normatives, et spécialement de l'éthique. On réclame du philosophe qu'il constitue une *morale rationnelle*, en vue de l'enseignement et de la pratique, et qu'il nous montre pourquoi nous devons raisonnablement vouloir telle ou telle chose particulière, par exemple l'obéissance aux lois, ou l'assistance aux malheureux [1]. Très bien. Il se met à la tâche, et

1. Je parle ici d'une morale, non d'une réflexion philosophique

cherche où placer ses fondements. Ayant exploré de son mieux sa conscience et celle de ses contemporains, ayant ainsi constaté, ce qui n'est pas sans intérêt, qu'il existe un certain nombre de choses *voulues* et de règles admises par tous les honnêtes gens, règles que la presque totalité des systèmes philosophiques se sont efforcés de justifier, il commence à peu près en ces termes : « 1° Il y a des manières d'agir meilleures les unes que les autres. 2° Nous devons vouloir ce qui est logiquement impliqué par ce que nous voulons. 3° On agit mal quand on sacrifie l'intérêt général à son intérêt individuel... » Il s'apprête à continuer, recueillant les évidences morales comme il recueillerait les évidences physiques ou géologiques. Mais voilà que les auditeurs s'agitent et réclament : « Des preuves! Des preuves! Démontrez-nous qu'il faut vouloir le bien! Si vous ne démontrez pas vos principes, pourquoi voulez-vous que je m'y soumette, moi qui suis un esprit rationaliste, exercé à la critique, défiant des instincts et des habitudes, en garde contre tout ce qui peut n'être qu'un préjugé traditionnel? »

Réclamation troublante, mais qu'il suffit d'analyser pour découvrir ce qu'elle a de contradictoire. Vous voulez que je prouve : qu'est-ce que prouver? C'est ramener une affirmation douteuse, par un raisonnement tenu pour valable, à une affirmation tenue pour certaine. Faites-moi donc voir tout d'abord ce que vous considérez comme valable et ce que vous tenez pour certain. La crainte de l'enfer est un bon argument pour empêcher les hommes de mal agir, soit : mais c'est à condition qu'ils aient peur du feu. Et de même pour la volonté de Dieu : elle donne une raison de suivre la morale *à celui qui aime déjà Dieu*; à l'ange rebelle de Baudelaire, qui crie son *Non serviam*, elle est une raison de plus de faire le mal. On ne peut « prouver » un jugement de valeur ou un jugement d'obligation qu'en les faisant respectivement sortir d'un autre

sur la morale, ou d'une science historique des jugements moraux. Les problèmes sont tout à fait différents.

jugement de valeur ou d'obligation. Si quelqu'un n'admet aucune affirmation de la forme « *mieux vaut* ceci » ou de la forme « *on doit* faire cela », quelle démonstration pourrait-on lui donner? Il est précisément dans le cas d'un homme qui demanderait son chemin, en ajoutant qu'il ne sait où il veut aller, ni même s'il veut aller quelque part.

Mais en fait, et sauf le cas de folie, il n'arrive jamais que celui à qui l'on parle n'admette en réalité aucune affirmation portant sur la *valeur* comparée des gens, des actes, des lois, des événements. Il est impossible qu'il n'ait jamais à l'esprit que des constatations de fait, sans approbation ni blâme. Ce qu'il révoque en doute, presque toujours (et en général il a bien raison de le révoquer en doute), ce sont telles et telles prescriptions ordinaires de la morale courante, avec tout ce qu'elles contiennent de préjugés, d'erreurs psychologiques et sociales, de survivances inutiles et de mœurs locales ou accidentelles. — Pour lui répondre, ce qu'il faudra faire, ce sera donc de découvrir chez lui et de lui faire découvrir en lui-même quelque *jugement d'appréciation* solide et indubitable, dont il admet vraiment la vérité comme nous l'admettons nous-mêmes, — mais cela, soit sans avoir conscience de l'admettre, soit sans avoir conscience du caractère appréciatif qu'il contient. Et, partant de là, lui *prouver rationnellement* la moralité ce sera : 1° lui faire prendre conscience de cette affirmation commune qu'il possédait sans s'en douter; 2° lui montrer, par les procédés ordinaires du raisonnement, qu'il reconnaît lui-même pour légitimes, ce qu'implique l'adhésion à ce premier jugement. — Si par aventure le cas est un peu plus compliqué, et si la négation vient de ce qu'il s'est fait une discipline mal comprise de ne rien croire « sans démonstration », même les propositions d'où l'on part, la réponse est encore possible : elle consistera à lui montrer que toute affirmation catégorique, en matière de fait ou de droit, est toujours suspendue à l'intuition exprimée par un jugement catégorique premier, et lui-

même *indémontrable*; et qu'en dehors de cela il ne peut y avoir qu'une chaîne hypothétique de propositions, qui planent dans le monde des possibles, sans aucune communication avec le réel; bien plus, sans que cette possibilité même soit, en tant que possibilité, quelque chose de réel, puisqu'elle n'est constituée que par les assomptions logiques qui permettent la construction de tout l'édifice. Bien convaincu par là que l'existence d'une donnée première est fondamentale, dans les sciences de fait, et qu'elle ne compromet ni n'atténue la rationalité de la physique, il comprendra qu'on n'a aucune raison d'être plus exigeant dans les sciences de droit. Les exemples que nous avons déjà cités pourront achever d'amortir ces scrupules [1].

Distinction des « principes » et des « fondements » dans les sciences morales.

101. L'illusion, dans ce cas vient en effet du voisinage de deux idées, chacune fort légitime en soi, mais qui se sont développées en sens inverse par le progrès de l'analyse et qu'on n'en persiste pas moins à réunir dans une pensée trouble et dans une expression équivoque, quand on parle de *fonder la morale*. Par *fondement*, on peut entendre ce qui justifie une opinion, ce qui détermine l'*assentiment légitime* de l'esprit à une affirmation, soit spéculative, soit pratique. En ce sens, *fondement* est un mot grave, imposant, normatif; il fait valoir des droits dans les relations qu'ont les hommes entre eux. Une action judiciaire « sans fondement » est un abus, qui doit tourner à la confusion de celui qui l'intente. Une idée « sans fondement » est une idée chimérique. Au contraire la réclamation ou l'objection « bien fondées » sont justes et légitimes; celui qui en est l'auteur a la raison et le bon droit pour lui. — Mais, d'autre part, on entend aussi par

1. Ce texte et le suivant sont extraits d'un article de l'auteur dans la *Revue de métaphysique et de morale*, janvier 1907.

fondement la première proposition théorique d'un système déductif : ce qui est tout autre chose. Plus rigoureusement on désigne ainsi (les axiomes communs étant mis à part) la première proposition ou le premier groupe de propositions qui, dans un système de démonstrations coordonnées et subordonnées, présente un contenu matériel caractéristique de l'ordre d'idées que l'on va suivre et susceptible d'une suite infinie de conséquences : par exemple, la loi de génération des nombres en arithmétique. De même, la loi de gravitation est appelée le fondement de toute la mécanique céleste, non qu'elle soit plus évidente que les lois de Képler, et surtout que les apparences du mouvement sidéral, mais en tant qu'elle permet de les systématiser et de les déduire. On dirait, toujours au même sens, que les principes de la conservation et de la dégradation de l'énergie sont les fondements de la thermodynamique.

Très longtemps, dans toutes les sciences, les deux idées ont été considérées comme n'en faisant qu'une. A cet égard, le type idéal de la confusion est le cartésianisme, avec sa méthode d'ailleurs admirable de « synthèse », qui prend pour point de départ des idées claires et distinctes, à la fois logiquement simples et psychologiquement certaines, et qui n'admet l'extension de la certitude que par le mouvement continu de la déduction. La méthode d'autorité, à laquelle il s'opposait, n'en différait pas d'ailleurs quant à la nature de la preuve, et quant à la nécessité d'identifier la majeure de la déduction et la cause de l'assentiment : elle s'en distinguait seulement en ce que, pour la scolastique, ce « fondement » était un texte sacré, tiré de l'Écriture ou d'Aristote, et non pas une évidence actuelle. Aussi, dans l'esprit de la plupart des hommes, même cultivés, déduction et justification se confondent-elles encore. — Mais, pour les logiciens modernes, ces deux points intellectuels ont cessé de coïncider, comme les deux foyers d'une ellipse, prise d'abord pour un cercle, et à laquelle une étude plus exacte ferait reconnaître une excentricité toujours crois-

sante. En mathématiques, une des grandes préoccupations des géomètres contemporains est de commencer la chaine déductive aussi haut que possible, sans souci de ce fait que les propositions les plus évidentes, fondement de l'adhésion, cessent d'être les axiomes premiers, fondements de la déduction, et ne se rencontrent plus qu'à un étage inférieur. Tout le monde sait combien ces nouveaux axiomes paraissent, à première lecture, baroques et quelquefois absurdes : leurs conséquences seules les justifient [1]. — En physique, dès le XVIII[e] siècle, il a été bien établi que le fondement de la science, ce qui la rend solide et sûre, n'était pas dans les propositions de la plus haute extension logique, mais dans ces généralisations médiocres et banales, de vérification journalière, qui ont déterminé le choix des principes plus simples et celui des grandes hypothèses. Mais il a pourtant fallu arriver à notre époque pour que ces hypothèses cessassent d'être considérées comme des « lois de la nature », des réalités presque platoniciennes qu'on est plus ou moins sûr d'avoir retrouvées telles qu'elles sont, mais qui, au fond, et en elles-mêmes, constituent cependant la source et l'explication vraie de l'ordre qui règne dans les choses. A peine cette position commence-t-elle à céder devant un conceptualisme plus

1. « Au lieu de concevoir la différence entre les postulats et les autres propositions qu'ils servent à démontrer comme consistant dans la possession d'un certain caractère intrinsèque, qui les rend par eux-mêmes plus acceptables, plus évidents, moins discutables, etc., le logicien les considère comme des propositions qui sont sur le même pied que toutes les autres. Le choix de ces postulats dépend du *but* qu'on a en vue, et doit reposer, dans tous les cas, sur l'examen des relations de dépendance qu'on peut établir entre eux et l'ensemble des propositions d'une théorie donnée... Ils ont perdu le « droit divin » dont leur soi-disant évidence paraissait les investir, et ils ont dû se résigner à devenir, non les chefs, mais les *servi servorum*, les employés des grandes associations de propositions qui forment les différentes branches des mathématiques. » (G. Vailati, *Pragmatisme et Logique mathématique*, dans le *Monist* d'octobre 1906.)

relatif, qui voit seulement dans les généralisations les plus hautes des moyens d'organisation, principes très utiles d'unité logique, mais sans autorité intrinsèque sur les choses, pas plus que sur les esprits, tirant au contraire toute leur certitude et leur réalité des jugements plus spéciaux qu'elles condensent, et qui sont eux-mêmes spontanés. Aussi les physiciens contemporains qui se préoccupent d'épistémologie suppriment-ils le problème du « fondement de l'induction » et se placent-ils d'emblée dans l'universel. « Quels sont, dit M. Peirce, les ingrédients essentiels d'une expérience? D'abord un expérimentateur en chair et en os. Ensuite, une hypothèse vérifiable, c'est-à-dire une assertion relative à l'univers, et qui ne fait qu'en affirmer quelque possibilité ou impossibilité d'expérience... Quand un expérimentaliste parle d'un phénomène comme le phénomène de Hall ou le phénomène de Zeemann, il n'a aucunement en vue tel événement particulier qui est arrivé à tel ou tel individu dans un passé déjà mort, mais quelque chose qui arrivera à coup sûr, dans l'avenir vivant, à quiconque se mettra dans certaines conditions [1]. »

Appliquez maintenant ceci à l'éthique, et vous voyez à nu le sophisme de ceux qui veulent ne la déclarer rationnelle que si elle montre, en manière de lettres de créance, un « fondement » *à la fois* évident par lui-même, et capable d'engendrer déductivement tout le système des devoirs moraux. Elle vous donnera l'un *ou* l'autre, chacun incarné dans des propositions d'un niveau et d'un contenu logique très différents : Paul Janet disait très bien, en l'un de ces sens, que les fondements de la morale sont les obligations admises par tout le monde, ou plus précisément par ceux avec qui l'on discute, ou pour qui l'on prêche. — On dirait aussi justement, mais en l'autre sens du mot, que l'éthique aura découvert le fondement d'une morale donnée quand elle aura formulé une proposition telle que toutes les

1. Ch. S. Peirce, *What pragmatism is.* (*The Monist*, avril 1905, p. 173.)

prescriptions particulières de cette morale s'en déduisent comme autant de conséquences. Mais ce fondement, ou plus exactement ce *principe*, sera vraisemblablement tout à fait incapable d'améliorer les hommes, et de servir à faire des conversions morales, parce qu'il sera sans doute beaucoup moins « évident », pour la volonté, que ses conséquences concrètes.

« *Du problème de la destinée humaine.* »

102. « Sans doute, messieurs, l'homme n'arrive que tard à ces grandes questions, et, alors même qu'il se les est posées, les intérêts et les passions de tous les jours reprennent bientôt le dessus, et tendent incessamment à les lui faire oublier. Ce n'est que dans quelques cas extraordinaires, dans quelques circonstances rares, que son esprit s'élève à ces hautes pensées. Cela est vrai pour le commun des hommes, cela est vrai aussi pour les esprits distingués qui sont emportés comme les autres par le flux et le reflux des circonstances, et qui passent ainsi une grande partie de leur vie à obéir à leur nature, sans considérer où elle les pousse. Oui, le fait est exact, et je ne le conteste point; et cependant, j'ose le dire, il n'est pas un homme, si pauvre que sa naissance l'ait fait, si peu éclairé que la société l'ait laissé, si maltraité, en un mot, qu'il puisse être par la nature, la fortune et ses semblables, à qui, un jour au moins dans le courant de sa vie, sous l'influence d'une circonstance grave, il ne soit arrivé de se poser cette terrible question qui pèse sur nos têtes à tous comme un sombre nuage, cette question décisive : Pourquoi l'homme est-il ici-bas, et quel est le sens du rôle qu'il y joue? Vous êtes là, messieurs, pour témoigner de la vérité de cette assertion : car pour aucun de vous la question que je pose n'est une question inconnue; elle ne l'est à aucun homme qui ait un peu vécu, qui ait un peu souffert. Il reste donc à savoir quelles sont ces circonstances qui viennent nous tirer du rang de l'animal pour nous élever à une pensée, qui est la pensée morale, la pensée humaine par excellence.

« Jamais peut-être, messieurs, l'homme ne se demanderait pourquoi il a été mis dans ce monde, si les tendances de sa nature y étaient continuellement et complètement satisfaites. Une parfaite, une invariable harmonie entre la pente de ses désirs et le cours des choses laisserait peut-être sa raison éternellement endormie. Ce qui éveille la raison, messieurs, ce qui l'oblige à s'inquiéter de la destinée de l'homme, c'est le mal : le mal qui est partout dans la condition humaine, jusque dans ces jouissances passagères qu'on appelle le bonheur.

« Au début de la vie, notre nature, s'éveillant avec tous les besoins et toutes les facultés dont elle est pourvue, rencontre un monde qui semble offrir un champ illimité à la satisfaction des uns et au développement des autres. A la vue de ce monde qui paraît renfermer pour elle le bonheur, notre nature s'élance, pleine d'espérances et d'illusions. Mais il est dans la condition humaine qu'aucune de ces espérances ne soit remplie, qu'aucune de ces illusions ne soit justifiée. De tant de passions que Dieu a mises en nous, de tant de facultés dont il nous a doués, examinez, et voyez laquelle ici-bas a son but et parvient à sa fin. Il semble que le monde qui nous entoure ait été constitué de manière à rendre impossible un pareil résultat. Et cependant, ces désirs et ces facultés résultent de notre nature; ce qu'ils veulent, c'est ce qu'elle veut; ce qu'elle veut, c'est la fin pour laquelle elle a été faite, c'est son bonheur, c'est son bien. Elle souffre donc, messieurs, et non seulement elle souffre, mais elle s'étonne et s'indigne : car, comme elle ne s'est point faite, il n'a point dépendu d'elle d'avoir ou de n'avoir pas ces tendances; la satisfaction de ces tendances lui semble donc non seulement naturelle, mais encore légitime; elle trouve donc que les lois de la nature et celles de la justice sont blessées dans ce qui lui arrive; et de là, cette longue incrédulité d'abord, puis ensuite cette sourde protestation que nous opposons aux misères de la vie. Tant que dure notre jeunesse, le malheur nous étonne plus qu'il ne nous effraye; il nous semble que

ce qui nous arrive est une anomalie, et notre confiance n'en est point ébranlée. Cette anomalie a beau se répéter, nous ne sommes point désabusés; nous aimons mieux nous accuser que de mettre en doute la justice de la Providence; nous croyons que, si nous éprouvons des mécomptes, la faute en est à nous, et nous nous encourageons à être plus habiles; et, alors même que notre habileté a échoué mille fois, nous nous obstinons encore à croire. — Mais, à la fin, soit que quelque grand coup, venant à nous frapper, nous ouvre subitement les yeux, soit que, la vie s'écoulant, une expérience si longtemps prolongée l'emporte, la triste vérité nous apparaît : alors s'évanouissent les espérances qui nous avaient adouci le malheur; alors leur succède cette amère indignation qui le rend plus pénible; alors du fond de notre cœur oppressé de douleur, du fond de notre raison blessée dans ses croyances le plus intimes, s'élève inévitablement cette mélancolique question : Pourquoi donc l'homme a-t-il été mis en ce monde?

« Et ne croyez pas, messieurs, que les misères de la vie aient seules le privilège de tourner notre esprit vers ce problème : il sort de nos félicités comme de nos infortunes, parce que notre nature n'est pas moins trompée dans les unes que dans les autres. Dans le premier moment de la satisfaction de nos désirs, nous avons la présomption, ou, pour mieux dire, l'innocence de nous croire heureux; mais, si ce bonheur dure, bientôt ce qu'il avait d'abord de charmant se flétrit; et là où vous aviez cru sentir une satisfaction complète, vous n'éprouvez plus qu'une satisfaction moindre, à laquelle succède une satisfaction moindre encore, qui s'épuise peu à peu, et vient s'éteindre dans l'ennui et le dégoût. Tel est le dénouement inévitable de tout bonheur humain; telle est la loi fatale à laquelle aucun d'eux ne saurait se dérober. Que si, dans le moment du triomphe d'une passion, vous avez la bonne fortune d'être saisi par un autre, alors, emporté par cette passion nouvelle, vous échappez, il est vrai, au désenchantement de la première et c'est ainsi que, dans une existence très remplie et très agitée, vous pouvez vivre assez

longtemps avec le bonheur de ce monde avant d'en connaître la vanité. Mais cet étourdissement ne peut durer toujours : le moment vient où cette impétueuse inconstance dans la poursuite du bonheur, qui naît de la variété et de l'indécision de nos désirs, se fixe enfin, et où notre nature, ramassant, pour ainsi dire, et concentrant dans une seule passion tout le besoin de bonheur qui est en elle, voit ce bonheur, l'aime, le désire dans une seule chose qui est là, et à laquelle elle aspire de toutes les forces qui sont en elle. Alors, quelle que soit cette passion, alors arrive inévitablement l'amère expérience que le hasard avait différée : car à peine obtenu, ce bonheur si ardemment, si uniquement désiré, effraye l'âme de son insuffisance; en vain elle s'épuise à y chercher ce qu'elle y avait rêvé; cette recherche même le flétrit et le décolore : ce qu'il paraissait, il ne l'est point; ce qu'il promettait, il ne le tient pas; tout le bonheur que la vie pouvait donner est venu, et le désir du bonheur n'est point éteint. Le bonheur est donc une ombre, la vie une déception, nos désirs un piège trompeur. Il n'y a rien à répondre à une pareille démonstration; elle est plus décisive que celle du malheur même; car, dans le malheur, vous pouvez encore vous faire illusion, et, en accusant votre mauvaise fortune, absoudre la nature des choses, tandis qu'ici c'est la nature même des choses qui est convaincue de méchanceté : le cœur de l'homme et toutes les félicités de la vie mis en présence, le cœur de l'homme n'est point satisfait. Aussi, ce retour mélancolique sur lui-même, qui élève l'homme mûr à la pensée de sa destinée, qui le conduit à s'en inquiéter et à se demander ce qu'elle est, naît-il plus ordinairement encore de l'expérience des bonheurs de la vie que de celle de ses misères. Ce sont là deux des cas où la question se pose; ce ne sont pas les seuls.

« Dans le sein des villes, l'homme semble être la grande affaire de la création; c'est là qu'éclate toute son apparente supériorité, c'est là qu'il semble dominer la scène du monde, ou, pour mieux dire, l'occuper à lui seul. Mais, lorsque cet être si fort, si fier, si plein de lui-même, si exclusivement

préoccupé de ses intérêts dans l'enceinte des cités et parmi la foule de ses semblables, se trouve par hasard jeté au milieu d'une immense nature, qu'il se trouve seul en face de ce ciel sans fin, en face de cet horizon qui s'étend au loin et au delà duquel il y a d'autres horizons encore, au milieu de ces grandes productions de la nature qui l'écrasent, sinon par leur intelligence, du moins par leur masse; mais, lorsque voyant à ses pieds, du haut d'une montagne et sous la lumière des astres, de petits villages se perdre dans de petites forêts, qui se perdent elles-mêmes dans l'étendue de la perspective, il songe que ces villages sont peuplés d'êtres infirmes comme lui, qu'il compare ces êtres et leurs misérables habitations avec la nature qui les environne, cette nature elle-même avec notre monde sur la surface duquel elle n'est qu'un point, et ce monde, à son tour, avec les mille autres mondes qui flottent dans les airs, et auprès desquels il n'est rien : à la vue de ce spectacle, l'homme prend aussi en pitié ses misérables passions toujours contrariées, ses misérables bonheurs qui aboutissent invariablement au dégoût; et alors aussi la question de savoir ce qu'il est et ce qu'il fait ici-bas lui vient; et alors aussi il se pose le problème de sa destination.

« Ce n'est pas tout. Non seulement le bonheur, le malheur, la comparaison de notre infirmité avec la grandeur de la nature, mais encore les regards jetés soit sur l'histoire de notre espèce, soit sur celle de cette terre que nous habitons, évoquent dans l'âme la plus préoccupée, la plus exclusivement renfermée dans la satisfaction de ses besoins et de ses passions, le problème de la destination.

« Vous qui savez l'histoire, voyez un peu comment l'humanité a marché.

« Dans les grandes plaines de l'Asie, vous voyez arriver des races qui descendent des montagnes centrales de ce vaste continent, des races qui ont peut-être des ancêtres, mais qui n'ont pas d'histoire. Elles s'en viennent sauvages, presque nues, à peine armées; elles s'en viennent sans dire d'où elles sortent, ni à qui elles appartiennent; elles arrivent là un jour, elles s'emparent de ces plaines. D'un autre côté, et des déserts de l'Arabie, arrivent d'autres races, qui n'ont pas le même crâne, les mêmes idées, mais qui sont dans la même ignorance de leur origine et de leurs ancêtres. En se rencontrant, elles se trouvent hostiles les unes aux autres : de longues luttes s'engagent, qui fondent de grands empires aussitôt renversés qu'établis; une race surnage enfin, qui demeure en possession de ces terres et y domine seule, tenant les autres sous ses pieds. Cet empire à peine créé entre en contact avec l'Europe. Là aussi des hommes sans histoire, qui ont encore d'autres crânes, d'autres idées, une autre manière de vivre. Et ces deux races, l'une asiatique et l'autre grecque, se disputent la prépondérance : les Grecs l'emportent, et l'Asie est soumise. Mais bientôt un nouveau peuple, habitant l'occident, s'élève, grandit rapidement, et dans les cadres immenses de son empire engloutit la race grecque et ses conquêtes. Cet autre peuple est lui-même entouré de races inconnues à elles-mêmes et aux autres, qui vivent, depuis des époques ignorées, dans l'occident et le nord de l'Europe. Ces hommes, qui ne ressemblent ni aux Romains, ni aux Grecs, ni aux Orientaux, qui ont d'autres croyances, d'autres idées, d'autres langues, ont aussi leur vocation qui les agite au sein de leurs forêts, et qui les appelle à leur tour sur la scène du monde. Ils y paraissent quand l'heure est venue, et Rome s'écroule sous leur souffle. Et puis, plus tard, on pénètre dans des pays ignorés, on découvre le nord de l'Asie, le midi de l'Afrique, l'Amérique, les innombrables îles semées comme de la poussière sur la surface de l'Océan, et partout de nouveaux peuples, des peuples de toutes les couleurs, blancs, noirs, rouges, cuivrés, à crânes de toutes les formes, à civilisations de tous les degrés, à idées de toutes les espèces; et de ces peuples, aucun ne sait d'où il vient, ce qu'il fait sur la terre, où il va; aucun ne sait par quel lien il se rattache à la commune humanité!

« Quand on réfléchit à cette histoire de l'espèce humaine, à cette nuit profonde qui couvre en tous lieux son berceau,

à ces races qui se trouvent partout en même temps et partout dans la même ignorance de leur origine, aux diversités de toute espèce qui les séparent encore plus que les distances, les montagnes et les mers, à l'étonnement dont elles sont saisies quand elles se rencontrent, à la constante hostilité qui se déclare entre elles dès qu'elles se connaissent; quand on songe à cette obscure prédestination qui les appelle tour à tour sur la scène du monde, qui les y fait briller un moment, et qui les replonge bientôt dans l'obscurité, un sentiment d'effroi s'empare de l'âme, et l'individu se sent accablé de la mystérieuse fatalité qui semble peser sur l'espèce. Qu'est-ce donc que cette humanité dont nous faisons partie? d'où vient-elle? où va-t-elle? En est-il d'elle comme des herbes des champs et des arbres des forêts? comme eux, est-elle sortie de terre, en tous lieux, au jour marqué par les lois générales de l'univers, pour y rentrer un autre jour avec eux? ou bien, comme l'a rêvé son orgueil, la création n'est-elle qu'un théâtre sur lequel elle vient jouer un acte de ses destinées immortelles? Encore, si la lumière qui ne luit pas sur son berceau éclairait son développement! Mais qui sait où elle va, comment elle va? La civilisation orientale est tombée sous la civilisation grecque; la civilisation grecque est tombée sous la civilisation romaine : une nouvelle civilisation, sortie des forêts de Germanie, a détruit la civilisation romaine : que deviendra cette nouvelle civilisation? Conquerra-t-elle le monde, ou bien est-il dans la destinée de toute civilisation de s'accroître et de tomber? En un mot, l'humanité ne fait-elle que tourner éternellement dans le même cercle, ou bien avance-t-elle? ou bien encore, comme quelques-uns le prétendent, recule-t-elle? Car on a supposé aussi que toute lumière était au commencement, que, de traditions en traditions, de transmissions en transmissions, cette lumière allait s'éteignant, et que, sans nous en douter, nous marchions à la barbarie par le chemin de la civilisation [1]. L'homme, mes-

1. Théorie soutenue notamment par Joseph de Maistre.

sieurs, demeure éperdu en face de ces problèmes : anéanti qu'il est dans l'espèce, l'anéantissement de l'espèce elle-même au milieu d'une mer de ténèbres glace son cœur et confond son imagination. Il se demande quelle est cette loi sous laquelle marche le troupeau des hommes sans la connaître, et qui l'emporte avec eux d'une origine ignorée à une fin ignorée : et de cette manière encore se pose pour lui la question de sa destinée.

« Enfin, un motif de se la poser, plus formidable encore, si je puis me servir de cette expression, c'est celui dont la science nous a récemment mis en possession. Vous savez qu'en sondant les entrailles de la terre, on y a trouvé des témoignages, des monuments authentiques de l'histoire de ce petit globe que nous habitons. On s'est convaincu qu'il fut un temps où la nature n'avait su produire à sa surface que des végétaux, végétaux immenses, auprès desquels les nôtres ne sont que des pygmées, et qui ne couvraient de leur ombre aucun être animé. Vous savez qu'on a constaté qu'une grande révolution vint détruire cette création, comme si elle n'eût pas été digne de la main qui l'avait formée. Vous savez qu'à la seconde création, parmi ces grandes herbes et sous le dôme de ces forêts gigantesques qui avaient distingué la première, on vit se dérouler de nombreux reptiles, premiers essais d'organisation animale, premiers propriétaires de cette terre, dont ils étaient les seuls habitants. La nature brisa cette création; et dans la suivante, elle jeta sur la terre des quadrupèdes dont les espèces n'existent plus, animaux informes, grossièrement organisés, qui ne pouvaient vivre et se reproduire qu'avec peine, et qui ne semblaient que la première ébauche d'un ouvrier malhabile. La nature brisa encore cette création, comme elle avait fait des autres, et, d'essai en essai, allant du plus imparfait au plus parfait, elle arriva à cette dernière création qui mit pour la première fois l'homme sur la terre. Ainsi, l'homme ne semble être qu'un essai de la part du créateur, un essai, après beaucoup d'autres qu'il s'est donné le plaisir de faire et de briser. Ces immenses reptiles, ces animaux informes,

qui ont disparu de la face de la terre, y ont vécu autrefois comme nous y vivons maintenant. Pourquoi le jour ne viendrait-il pas où notre race sera effacée, et où nos ossements déterrés ne sembleront aux espèces vivantes que des ébauches grossières d'une nature qui s'essaye? Et, si nous ne sommes ainsi qu'un anneau dans cette chaîne de créations de moins en moins imparfaites, qu'une méchante épreuve d'un type inconnu, tirée à son tour pour être déchirée à son tour, que sommes-nous donc, et où sont nos titres pour nous livrer à l'espérance et à l'orgueil?

« Telles sont, messieurs, quelques-unes des circonstances qui, au milieu même de la vie la plus insouciante, viennent subitement provoquer dans l'esprit de l'homme l'apparition du problème de la destinée. Vous voyez qu'on peut résumer toutes ces circonstances sous une même formule; car ce qui leur est commun à toutes et ce qui fait qu'elles conduisent également l'âme à ce mélancolique retour sur elle-même, c'est qu'elles mettent en évidence la contradiction qui existe entre sa grandeur naturelle et la misère de sa condition présente; c'est qu'elles la désabusent de la profonde confiance qu'elle avait en elle-même; c'est qu'en lui montrant partout ses instincts trompés, ses espérances déçues, ses croyances contredites, partout des bornes, partout des ténèbres, partout de l'impuissance, elles la mettent en alarmes sur elle-même et la forcent de remarquer que sa destinée est une énigme dont elle n'a pas le mot. Telle est la vertu commune cachée au fond de toutes ces circonstances, et qui leur donne, ainsi qu'à toutes celles qui la partagent, le même effet. Or ces circonstances sont si nombreuses, l'enseignement qui en sort si immédiat et si simple, qu'il est impossible qu'aucun homme, si irréfléchi qu'on le suppose et dans quelque condition qu'on l'imagine, échappe, pendant le cours d'une longue vie, à la conception du problème de la destinée. Car ne croyez pas, messieurs, qu'il faille être savant pour s'élever jusque-là : le pâtre, sur le sommet de la montagne, est aussi en face de la nature; il songe aussi, dans ses longs loisirs, et à ce qu'il est, et à ce

que sont ces êtres qui habitent à ses pieds; il a aussi des ancêtres descendus au tombeau les uns après les autres, et il se demande aussi pourquoi ils sont nés; et pourquoi, après avoir traîné leur vie sur cette terre pendant quelques années, ils sont morts pour céder la place à d'autres, qui ont disparu à leur tour, et toujours ainsi sans fin ni raison. Le pâtre rêve comme nous à cette infinie création dont il n'est qu'un fragment; il se sent comme nous perdu dans cette chaîne d'êtres dont les extrémités lui échappent; entre lui et les animaux qu'il garde, il lui arrive aussi de chercher le rapport; il lui arrive de se demander si, de même qu'il est supérieur à eux, il n'y aurait pas d'autres êtres supérieurs à lui; et, quand il sent sa misère, il conçoit facilement des créatures plus parfaites, plus capables de bonheur, entourées d'une nature plus propre à le donner; et, de son propre droit, de l'autorité de son intelligence qu'on qualifie d'infirme et de bornée, il a l'audace de poser au créateur cette haute et mélancolique question : « Pourquoi « m'as-tu fait, et que signifie le rôle que je joue ici-bas? »

« Or, lorsque, sous l'influence de l'une ou l'autre de ces circonstances, l'homme est enfin arrivé, à une époque quelconque de sa vie, à se poser cette grande question, oh! alors, les doutes qu'elle provoque, s'il n'en trouve pas immédiatement la solution dans des croyances établies, les doutes qu'elle provoque sont terribles. Je sais que bien des hommes, après avoir conçu le problème, semblent le perdre de vue et ne plus guère s'en inquiéter; mais ne vous y trompez pas, messieurs, une fois cette idée venue, elle ne peut plus périr; on peut s'en distraire, il est vrai; mais s'en défaire, jamais; et voici pourquoi : c'est que les mêmes causes vous la rappellent sans cesse et avec beaucoup plus de facilité qu'elles ne vous l'ont suggérée; c'est que la vie et la mort, les penchants et les misères de notre nature, la grandeur de la création et les ténèbres de l'histoire, sont toujours là qui parlent à l'esprit, au cœur, à l'âme de l'homme de ce qui le touche le plus, sont toujours là qui l'assiègent, qui le tourmentent, qui ne permettent pas qu'une fois éveillé il se

rendorme. Alors, messieurs, l'homme n'est plus ce qu'il était; alors l'homme est changé; il est sorti de l'état d'innocence, il est arrivé à l'état raisonnable et réfléchi, à l'état humain proprement dit. Cette question est comme le flambeau dans la fable de Psyché : avant cette formidable révélation, l'homme obéissait à ses instincts, et, sans prévision, sans inquiétude, arrivait ou n'arrivait pas au but où ils le poussaient; quand il l'atteignait, il était heureux; quand il ne l'atteignait pas, il souffrait; mais ces malheurs passagers, bientôt effacés par l'apparition de passions nouvelles, ne ressemblaient en rien à cette tristesse profonde, à cette incurable mélancolie, qui s'empare de celui qui a conçu la question de la destinée humaine et entrevu les ténèbres qui l'enveloppent; alors une nouvelle corde est ébranlée au fond de l'âme et toutes les distractions du monde n'empêchent pas que cette corde ne soit là, et que le moindre événement ne la fasse vibrer [1]. »

Méthode de la sociologie.
Les faits sociaux doivent être considérés comme des choses.

103. « Au moment où un ordre nouveau de phénomènes devient objet de science, ils se trouvent déjà représentés dans l'esprit, non seulement par des images sensibles, mais par des sortes de concepts grossièrement formés. Avant les premiers rudiments de la physique et de la chimie, les hommes avaient déjà sur les phénomènes physico-chimiques des notions qui dépassaient la pure perception; telles sont, par exemple, celles que nous trouvons mêlées à toutes les religions. C'est que, en effet, la réflexion est antérieure à la science, qui ne fait que s'en servir avec plus de méthode. L'homme ne peut pas vivre au milieu des choses sans s'en faire des idées d'après lesquelles il règle sa conduite. Seulement, parce que ces notions sont plus près de nous et plus à notre portée que les réalités auxquelles elles correspondent, nous tendons naturellement à les substituer à ces dernières et à en faire la matière même de nos spéculations. Au lieu d'observer les choses, de les décrire, de les comparer, nous nous contentons alors de prendre conscience de nos idées, de les analyser, de les combiner. Au lieu d'une science de réalités, nous ne faisons plus qu'une analyse idéologique. Sans doute, cette analyse n'exclut pas nécessairement toute observation. On peut faire appel aux faits pour confirmer ces notions ou les conclusions qu'on en tire. Mais les faits n'interviennent alors que secondairement, à titre d'exemples ou de preuves confirmatoires; ils ne sont pas l'objet de la science. Celle-ci va des idées aux choses, et non des choses aux idées.

1. Jouffroy (1796-1842), *Leçon d'ouverture* du cours de morale professé à la Sorbonne en 1830-31.

« Il est clair que cette méthode ne saurait donner des résultats objectifs. Ces notions, en effet, ou concepts, de quelque nom qu'on veuille les appeler, ne sont pas les substituts légitimes des choses. Produits de l'expérience vulgaire, ils ont, avant tout, pour objet de mettre nos actions en harmonie avec le monde qui nous entoure; ils sont formés par la pratique et pour elle. Or une représentation peut être en état de jouer utilement ce rôle tout en étant théoriquement fausse. Copernic a, depuis plusieurs siècles, dissipé les illusions de nos sens touchant les mouvements des astres; et, pourtant, c'est encore d'après ces illusions que nous réglons couramment la distribution de notre temps. Pour qu'une idée suscite bien les mouvements que réclame la nature d'une chose, il n'est pas nécessaire qu'elle exprime fidèlement cette nature; mais il suffit qu'elle nous fasse sentir ce que la chose a d'utile ou de désavantageux, par où elle peut nous servir, par où nous contrarier. Encore les notions ainsi formées ne présentent-elles cette justesse pratique que d'une manière approximative et seulement dans la généralité des cas. Que de fois elles sont aussi dangereuses qu'inadéquates!

Ce n'est donc pas en les élaborant, de quelque manière qu'on s'y prenne, que l'on arrivera jamais à découvrir les lois de la réalité. Elles sont, au contraire, comme un voile qui s'interpose entre les choses et nous et qui nous les masque d'autant mieux qu'on le croit plus transparent.

« Cette manière de procéder est si conforme à la pente naturelle de notre esprit qu'on la retrouve même à l'origine des sciences physiques. C'est elle qui différencie l'alchimie de la chimie, comme l'astrologie de l'astronomie. C'est par elle que Bacon caractérise la méthode que suivaient les savants de son temps et qu'il combat. Les notions dont nous venons de parler, ce sont ces *notiones vulgares* ou *prænotiones*[1] qu'il signale à la base de toutes les sciences[2] où elles prennent la place des faits[3]. Ce sont ces idoles, sortes de fantômes qui nous défigurent le véritable aspect des choses et que nous prenons pourtant pour les choses mêmes. Et c'est parce que ce milieu imaginaire n'offre à l'esprit aucune résistance que celui-ci, ne se sentant contenu par rien, s'abandonne à des ambitions sans bornes et croit possible de construire ou, plutôt, de reconstruire le monde par ses seules forces et au gré de ses désirs.

« S'il en a été ainsi des sciences naturelles, à plus forte raison en devait-il être de même pour la sociologie. Les hommes n'ont pas attendu l'avènement de la science sociale pour se faire des idées sur le droit, la morale, la famille, l'État, la société même; car ils ne pouvaient s'en passer pour vivre. Or, c'est surtout en sociologie que ces *prénotions*, pour reprendre l'expression de Bacon, sont en état de dominer les esprits et de se substituer aux choses. En effet, les choses sociales ne se réalisent que par les hommes; elles sont un produit de l'activité humaine. Elles ne paraissent donc pas être autre chose que la mise en œuvre d'idées, innées ou non, que nous portons en nous, que

1. *Novum organum*, I, 26.
2. *Ibid.*, I, 17.
3. *Ibid.*, I, 36.

leur application aux diverses circonstances qui accompagnent les relations des hommes entre eux. L'organisation de la famille, du contrat, de la répression de l'État, de la société apparaissent ainsi comme un simple développement des idées que nous avons sur la société, l'État, la justice, etc. Par conséquent, ces faits et leurs analogues semblent n'avoir de réalité que dans et par les idées qui en sont le germe et qui deviennent, dès lors, la matière propre de la sociologie. »

104. « Et cependant les phénomènes sociaux sont des choses et doivent être traités comme des choses. Pour démontrer cette proposition, il n'est pas nécessaire de philosopher sur leur nature, de discuter les analogies qu'ils présentent avec les phénomènes des règnes inférieurs. Il suffit de constater qu'ils sont l'unique *datum* offert au sociologue. Est *chose*, en effet, tout ce qui est donné, tout ce qui s'offre ou, plutôt, s'impose à l'observation. Traiter des phénomènes comme des choses, c'est les traiter en qualité de *data* qui constitueront le point de départ de la science. Les phénomènes sociaux présentent incontestablement ce caractère. Ce qui nous est donné, ce n'est pas l'idée que les hommes se font de la valeur, car elle est inaccessible : ce sont les valeurs qui s'échangent réellement au cours des relations économiques. Ce n'est pas telle ou telle conception de l'idéal moral; c'est l'ensemble des règles qui déterminent effectivement la conduite. Ce n'est pas l'idée de l'utile ou de la richesse; c'est tout le détail de l'organisation économique. Il est possible que la vie sociale ne soit que le développement de certaines notions; mais, à supposer que cela soit, ces notions ne sont pas données immédiatement. On ne peut donc les atteindre directement, mais seulement à travers la réalité phénoménale qui les exprime. Nous ne savons pas *a priori* quelles idées sont à l'origine des divers courants entre lesquels se partage la vie sociale, ni s'il y en a; c'est seulement après

les avoir remontés jusqu'à leurs sources que nous saurons d'où ils proviennent[1]. »

L'État est une « personne morale ».

105. « Je suppose les hommes parvenus à ce point où les obstacles qui nuisent à leur conservation dans l'état de nature l'emportent par leur résistance sur les forces que chaque individu peut employer pour se maintenir dans cet état. Alors cet état primitif ne peut plus subsister, et le genre humain périrait s'il ne changeait sa manière d'être.

« Or, comme les hommes ne peuvent engendrer de nouvelles forces, mais seulement unir et diriger celles qui existent, ils n'ont plus d'autre moyen pour se conserver, que de former, par agrégation, une somme de forces qui puisse l'emporter sur la résistance, de les mettre en jeu par un seul mobile, et de les faire agir de concert.

« Cette somme de forces ne peut naître que du concours de plusieurs; mais la force et la liberté de chaque homme étant les premiers instruments de sa conservation, comment les engagera-t-il sans se nuire, sans négliger les soins qu'il se doit? Cette difficulté, ramenée à mon sujet, peut s'énoncer en ces termes : « Trouver une forme d'association qui défende et protège de toute la force commune la personne et les biens de chaque associé, et par laquelle chacun, s'unissant à tous, n'obéisse pourtant qu'à lui-même, et reste aussi libre qu'auparavant ». Tel est le problème fondamental dont le contrat social donne la solution.

« Les clauses de ce contrat sont tellement déterminées par la nature de l'acte, que la moindre modification les rendrait vaines et de nul effet; en sorte que, bien qu'elles n'aient peut-être jamais été formellement énoncées, elles sont partout les mêmes, partout tacitement admises et reconnues, jusqu'à ce que, le pacte social étant violé, chacun rentre alors dans ses premiers droits et reprenne sa liberté naturelle en perdant la liberté conventionnelle pour laquelle il y renonça.

« Ces clauses, bien entendues, se réduisent toutes à une seule, savoir : l'*aliénation totale de chaque associé* avec tous ses droits à toute la communauté; car, premièrement, chacun se donnant tout entier, la condition est égale pour tous, et la condition étant égale pour tous, nul n'a intérêt de la rendre onéreuse aux autres.

« De plus, l'aliénation se faisant sans réserve, l'union est aussi parfaite qu'elle peut l'être, et nul associé n'a plus rien à réclamer : car, s'il restait quelques droits aux particuliers, comme il n'y aurait aucun supérieur commun qui pût prononcer entre eux et le public, chacun, étant en quelque point son propre juge, prétendrait bientôt l'être en tout; l'état de nature subsisterait, et l'association deviendrait nécessairement tyrannique ou vaine.

« Enfin, chacun se donnant à tous ne se donne à personne; et, comme il n'y a pas un associé sur lequel on n'acquière le même droit qu'on lui cède sur soi, on gagne l'équivalent de tout ce qu'on perd, et plus de force pour conserver ce qu'on a.

« Si donc on écarte du pacte social ce qui n'est pas de son essence, on trouvera qu'il se réduit aux termes suivants : « Chacun de nous met en commun sa personne et toute sa puissance sous la suprême direction de la volonté générale, et nous recevons en corps chaque membre comme partie indivisible du tout ».

« A l'instant, au lieu de la personne particulière de chaque contractant, cet acte d'association produit un *corps moral et collectif*, composé d'autant de membres que l'assemblée a de voix, lequel reçoit de ce même acte son unité, son *moi* commun, sa vie et sa volonté. Cette personne publique, qui se forme ainsi par l'union de toutes les autres, prenait autrefois le nom de *cité*, et prend maintenant celui de *république*, ou de *corps politique*, lequel est appelé par ses membres *état*, quand il est passif; *souverain*, quand il est actif; *puissance*, en le comparant à ses semblables. A l'égard des associés, ils prennent collectivement le nom de *peuple*, et

1. E. Durkheim, *Les règles de la méthode sociologique*, pp. 20-24 et 35-36 (F. Alcan, éditeur).

s'appellent en particulier *citoyens*, comme participants à l'autorité souveraine, et *sujets*, comme soumis aux lois de l'État. Mais ces termes se confondent souvent et se prennent l'un pour l'autre; il suffit de savoir distinguer quand ils sont employés dans toute leur précision [1]. »

De l'histoire et des sciences d'érudition.

106. Il peut sembler étonnant, au premier coup d'œil, de voir désigner par un même terme des choses aussi dissemblables que l'*histoire* politique et l'*histoire* naturelle. Cette communauté de nom n'est pas cependant sans raison. L'une et l'autre sont en effet des sciences d'érudition et présentent à ce titre des caractères communs.

Les sciences réunies sous ce nom relèvent surtout de la mémoire [19], et ont pour objet la simple description des faits; elles échapperaient donc à l'axiome d'Aristote : « Il n'y a de science que du général », si leur raison d'être n'était pas en dehors d'elles-mêmes, dans les sciences explicatives qui leur correspondent et dont elles sont comme le premier degré. Elles occupent ainsi par rapport aux sciences expérimentales de la nature ou de l'esprit la même place que ces sciences elles-mêmes par rapport aux sciences déductives; elles se confondent avec elles à mesure qu'elles s'élèvent, et s'y absorberaient entièrement à la limite, si l'esprit humain était capable d'y atteindre.

De là cette conséquence naturelle qu'à une époque

1. J.-J. Rousseau, *Contrat social*, I, 6.

moins avancée de la civilisation scientifique, le nombre de ces sciences était plus grand, et que ce point de vue tenait une place beaucoup plus considérable dans l'ensemble des connaissances humaines. Il suffit pour le remarquer de consulter les classifications de Bacon et de d'Alembert, ou bien, en remontant plus haut encore, d'examiner à ce point de vue les écrits scientifiques de Rome et de la Grèce. Aujourd'hui encore le collectionneur patient qui constitue un herbier, et qui catalogue toute la flore de sa province, se rencontre à côté du savant qui étudie dans son laboratoire la physiologie des plantes; mais l'on ne peut nier que ce second genre de recherches est un grand progrès dans la succcession des problèmes que se posent les hommes et même que la science explicative, une fois édifiée, éclaire singulièrement tous les détails de la science descriptive dont elle est sortie.

107. « Il faut distinguer, par rapport à tous les ordres de phénomènes, deux genres de sciences : les unes, abstraites, générales, ont pour objet la découverte des lois qui régissent les diverses classes de phénomènes, en considérant tous les cas qu'on peut concevoir; les autres, concrètes, particulières, descriptives, et qu'on désigne quelquefois sous le nom de sciences naturelles proprement dites, consistent dans l'application de ces lois à l'histoire effective des différents êtres existants.

« La distinction précédente ne peut présenter aucune obscurité aux esprits qui ont quelque connaissance spéciale des différentes sciences positives, puisqu'elle est à peu près l'équivalent de celle qu'on énonce ordinairement dans presque tous les traités scientifiques en comparant la physique dogmatique à l'histoire naturelle proprement dite [22]. Quelques

exemples suffiront d'ailleurs pour rendre sensible cette division, dont l'importance n'est pas encore convenablement appréciée.

« On pourra d'abord l'apercevoir très nettement en comparant d'une part la physiologie générale, et d'une autre part la zoologie et la botanique proprement dites. Ce sont évidemment, en effet, deux travaux d'un caractère fort distinct que d'étudier en général les lois de la vie, ou de déterminer le mode d'existence de chaque corps vivant en particulier. Cette seconde étude, en outre, est nécessairement fondée sur la première [1].

« Il en est de même de la chimie par rapport à la minéralogie. La première est évidemment la base *rationnelle* de la seconde. Dans la chimie, on considère toutes les combinaisons possibles des molécules dans toutes les circonstances imaginables; dans la minéralogie, on considère seulement celles de ces combinaisons qui se trouvent réalisées dans la constitution effective du globe terrestre, sous l'influence des seules circonstances qui lui sont propres. Ce qui montre clairement la différence du point de vue chimique et du point de vue minéralogique, quoique les deux sciences portent sur les mêmes objets, c'est que la plupart des faits envisagés dans la première n'ont qu'une existence artificielle, de telle manière qu'un corps, comme le chlore ou le potassium, pourra avoir une extrême importance en chimie pour l'étendue et l'énergie de ses affinités, tandis qu'il n'en aura presque aucune en minéralogie; et réciproquement, un composé tel que le granit ou le quartz, sur lequel porte la majeure partie des considérations minéralogiques, n'offrira sous le rapport chimique qu'un intérêt très médiocre.

« Ce qui rend en général plus sensible encore la nécessité logique de cette distinction fondamentale entre les deux grandes sections de la philosophie naturelle, c'est que non

1. Au point de vue logique et rationnel, comme Auguste Comte le fait lui-même remarquer plus bas. Car il est évident que le contraire a eu lieu au point de vue historique, et qu'on a débuté par les sciences purement descriptives.

seulement chaque section de la physique concrète suppose la culture préalable de la section correspondante de la physique abstraite, mais qu'elle exige même la connaissance des lois générales relatives à tous les ordres de phénomènes.... Il en est de même de chacune des sciences naturelles proprement dites. Jusqu'alors on n'a pu recueillir à ce sujet que des matériaux plus ou moins incohérents, qui sont même encore fort incomplets. Les faits connus ne pourront être coordonnés de manière à former de véritables théories spéciales des différents êtres de l'univers que lorsque la distinction fondamentale rappelée ci-dessus sera plus profondément sentie et plus régulièrement organisée, et que par suite les savants particulièrement livrés à l'étude des sciences naturelles proprement dites auront reconnu la nécessité de fonder leurs recherches sur une connaissance approfondie de toutes les sciences fondamentales, condition qui est encore aujourd'hui fort loin d'être convenablement remplie [1]. »

108. Les sciences d'érudition peuvent se diviser en deux grandes classes selon qu'elles s'appliquent à l'homme ou à la nature. Dans le premier cas, elles constituent l'*histoire* proprement dite, civile, politique ou religieuse avec ses dépendances multiples, telles que l'archéologie, la numismatique, la symbolique [2], l'histoire de l'art et celle de la littérature. Dans le second cas, elles comprennent toute la partie descriptive des sciences cosmologiques, c'est-à-dire en première ligne la géographie et la cosmographie, en entendant ce mot assez vague dans un sens tout à fait analogue au précédent; puis la description des roches,

1. Auguste Comte, *Cours de philosophie positive*, 2e leçon.
2. Science des symboles religieux, politiques, philosophiques, etc.

des terrains, de leur flore, de leur faune et même, si l'on veut, des populations qui les habitent.

Malgré le parallélisme logique que nous avons constaté plus haut entre ces deux grandes divisions des sciences descriptives, elles sont d'inégale importance. La première, l'histoire proprement dite, est considérable, parce que les sciences explicatives qui s'y rattachent sont encore dans l'enfance. En dépit de nombreux efforts et même de glorieuses tentatives, les lois des sociétés et des civilisations sont encore à trouver; la description et le récit des faits demeurent donc l'essentiel. La seconde, au contraire, est fort réduite, et décroît tous les jours parce qu'en matière de sciences physiques et naturelles, la méthode expérimentale a définitivement pris la place de l'observation. C'est pourquoi, si nous nous proposions, comme Bacon, de dresser un catalogue logique de toutes les sciences possibles, et d'en établir les cadres, abstraction faite de la matière qui les remplit réellement, nous devrions attribuer aux sciences d'érudition une section spéciale également indépendante des sciences morales et des sciences physiques; mais l'état actuel et effectif de ce genre d'études les rattache trop étroitement aux sciences sociales pour qu'il soit utile de les en distinguer. L'usage d'ailleurs met l'histoire au rang des sciences morales et politiques, et les divisions des Facultés, des corps savants, de l'Institut consacrent cette situation de fait. Et par conséquent il est plus naturel de s'y conformer que de tenter une réforme justifiée sans doute par la logique, mais que l'état de nos connaissances rendra théorique bien longtemps encore, si même elle ne doit pas toujours le rester.

La méthode historique.

100. Le problème général de la méthode historique consiste à remonter à des faits que nous n'avons pu connaître d'une façon directe, par le moyen de *documents*, c'est-à-dire par le moyen des traces de toute nature, et particulièrement des traces écrites que ces faits ont pu laisser. La qualité essentielle que cette méthode exige (et qu'elle développe), c'est ce qu'on nomme l'*esprit critique* : autrement dit la faculté de ne pas croire les choses au hasard, parce que « quelqu'un l'a dit », ou encore parce qu'on a le désir que cela soit vrai, — mais au contraire de se demander nettement qui l'a dit; si celui qui l'a dit connaissait bien ce dont il parlait; si l'on peut se fier à lui; s'il n'était pas homme à affirmer des choses en l'air et pour le plaisir de paraître bien informé; s'il n'avait aucun intérêt à se tromper, ou à nous tromper; — en un mot la faculté de peser les preuves et les témoignages pour en apprécier, sans précipitation et sans prévention, la valeur et la portée. A cet égard, la situation de l'historien ressemble beaucoup à celle du juge, particulièrement du juge d'instruction, quand il étudie la partie d'un procès qui concerne le *point de fait* : des problèmes qu'on est amené à se poser dans les deux cas sont souvent de même nature.

La première étape de la méthode historique est la recherche des documents, ou *heuristique*[1]. Ces documents sont de toutes sortes : les traditions (ce sont les

1. Du grec εὑρίσκω, trouver, découvrir.

plus fragiles, on ne peut presque jamais s'y fier); les inscriptions, les monuments; les statues, les bas-reliefs, les médailles; pour l'époque moderne, les actes authentiques, les pièces conservées dans les archives et les bibliothèques, lois, décrets, chartes, traités, rapports, instructions; les mémoires des contemporains, les lettres, les journaux, etc. Pour connaître tous les documents accessibles concernant un point à étudier, le travail de recherches préparatoires est souvent considérable. Pour comprendre seulement ce que les auteurs ont voulu dire (toutes réserves faites sur leur exactitude ou leur véracité), des connaissances variées sont déjà nécessaires : linguistiques, philologiques, paléographiques, quelquefois juridiques et scientifiques. Ces connaissances nécessaires diffèrent naturellement suivant le sujet et suivant l'époque étudiée. Une règle essentielle est de pouvoir *aller aux sources*. Par exemple, on ne peut étudier utilement l'histoire grecque sans savoir le grec; pour aborder l'histoire de la physique, il faut non seulement connaître suffisamment la physique dans son état actuel, mais posséder la langue de la période qu'on veut étudier, avec toutes ses particularités, par exemple le latin très spécial qu'écrivaient les physiciens du XVI[e] et du XVII[e] siècle. L'un et l'autre sont nécessaires : sans l'érudition sémantique[1], on fait des contresens; sans la connaissance technique actuelle, on ne sait pas ce qui vaut ou non la peine d'être relevé, ce qui peut être retenu comme fait historique; car pour les périodes qui ne sont pas trop éloignées de nous, nous pouvons trouver des traces d'une foule de faits insignifiants, et sur lesquels il serait d'une mauvaise méthode de faire des recherches, quand il y a tant de choses utiles et importantes à mettre en lumière.

1. C'est-à-dire qui concerne le sens des mots, les variations dans leur emploi.

Les documents trouvés, on doit ensuite les *critiquer*. Ce n'est pas un travail facile :

110. « Ces traces que l'on appelle *documents*, l'historien les observe directement, il est vrai, mais après cela il n'a plus rien à observer; il procède désormais par voie de raisonnement pour essayer de conclure, aussi correctement que possible, des traces aux faits. Le document, c'est le point de départ; le fait passé, c'est le point d'arrivée[1]. Entre ce point de départ et ce point d'arrivée, il faut traverser une série complexe de raisonnements, enchaînés les uns aux autres, où les chances d'erreurs sont innombrables... C'est le domaine de la critique. Essayons d'en esquisser d'abord, très sommairement, les lignes générales et les grandes divisions.

« I. On peut distinguer deux espèces de documents. Parfois le fait passé a laissé une trace matérielle (un monument, un objet fabriqué). Parfois, et le plus souvent, la trace du fait est d'ordre psychologique : c'est une description ou une relation écrites. — Le premier cas est beaucoup plus simple que le second. Il existe, en effet, un rapport fixe entre certaines empreintes matérielles et leurs causes, et ce rapport, déterminé par des lois physiques, est bien connu. — La trace psychologique, au contraire, est purement symbolique : elle n'est pas le fait lui-même; elle n'est pas même

1. « Dans les sciences d'observation, c'est le fait lui-même, observé directement, qui est le point de départ. » (*Note des auteurs.*)

l'empreinte immédiate du fait sur l'esprit du témoin; elle est seulement un signe conventionnel de l'impression produite par le fait sur l'esprit du témoin. Les documents écrits n'ont donc pas de valeur par eux-mêmes, comme les documents matériels; ils n'en ont que comme signes d'opérations psychologiques, compliquées et difficiles à débrouiller. L'immense majorité des documents qui fournissent à l'historien le point de départ de ses raisonnements ne sont, en somme, que des traces d'opérations psychologiques.

« Cela posé, pour conclure d'un document écrit au fait qui en a été la cause lointaine, c'est-à-dire pour savoir la relation qui relie ce document à ce fait, il faut reconstituer toute la série des causes intermédiaires qui ont produit le document. Il faut se représenter toute la chaîne des actes effectués par l'auteur du document à partir du fait observé par lui jusqu'au manuscrit (ou à l'imprimé) que nous avons aujourd'hui sous les yeux. Cette chaîne, on la reprend en sens inverse, en commençant par l'inspection du manuscrit (ou de l'imprimé) pour aboutir au fait ancien. Tels sont le but et la marche de l'analyse critique [1].

« D'abord, on observe le document. Est-il tel qu'il était lorsqu'il a été produit? N'a-t-il pas été détérioré depuis? On recherche comment il a été fabriqué afin de le restituer au besoin dans sa teneur originelle et d'en déterminer la provenance. Ce premier groupe de recherches préalables, qui porte sur l'écriture, la langue, les formes, les sources, etc., constitue le domaine particulier de la CRITIQUE EXTERNE ou critique d'érudition. — Ensuite intervient la CRITIQUE INTERNE : elle travaille, au moyen de raisonnements par analogie dont les majeures sont empruntées à la psychologie générale, à se représenter les états psychologiques que l'auteur du document a traversés.

1. Pour le détail et la justification logique de cette méthode, voir Ch. SEIGNOBOS, *les Conditions psychologiques de la connaissance en histoire*, dans la *Revue philosophique*, 1887, II, p. 1, 168.

Sachant ce que l'auteur du document a dit, on se demande : 1° qu'est-ce qu'il a voulu dire; 2° s'il a cru ce qu'il a dit; 3° s'il a été fondé à croire ce qu'il a cru. A ce dernier terme le document se trouve ramené à un point où il ressemble à l'une des opérations scientifiques par lesquelles se constitue toute science objective : il devient une observation; il ne reste plus qu'à le traiter suivant la méthode des sciences objectives. Tout document a une valeur exactement dans la mesure où, après en avoir étudié la genèse, on l'a réduit à une observation bien faite.

« II. Deux conclusions se dégagent de ce qui précède : complexité extrême, nécessité absolue de la Critique historique.

« Comparé aux autres savants, l'historien se trouve dans une situation très fâcheuse. Non seulement il ne lui est jamais donné, comme au chimiste, d'observer directement des faits; mais il est très rare que les documents dont il est obligé de se servir représentent des observations précises. Il ne dispose pas de ces procès-verbaux d'observations scientifiquement établis qui, dans les sciences constituées, peuvent remplacer et remplacent les observations directes. Il est dans la condition d'un chimiste qui connaîtrait une série d'expériences seulement par les rapports de son garçon de laboratoire. L'historien est obligé de tirer parti de rapports très grossiers, dont aucun savant ne se contenterait.

« D'autant plus nécessaires sont les précautions à prendre pour utiliser ces documents, qui sont les seuls matériaux de la science historique : il importe évidemment d'éliminer ceux qui n'ont aucune valeur et de distinguer dans les autres ce qui s'y trouve de correctement observé.

« D'autant plus nécessaires sont, en même temps, les avertissements à ce sujet que la pente naturelle de l'esprit humain est de ne prendre aucune précaution, et de procéder, en ces matières où la plus exacte précision serait indispensable, confusément. — Tout le monde, il est vrai, admet, en principe, l'utilité de la Critique; mais c'est un

de ces postulats non contestés qui passent difficilement dans la pratique. Des siècles se sont écoulés, en des âges de civilisation brillante, avant que les premières lueurs de Critique se soient manifestées parmi les peuples les plus intelligents de la terre. Ni les Orientaux ni le moyen âge n'en ont eu l'idée nette. Jusqu'à nos jours, des hommes éclairés ont, en se servant des documents pour écrire l'histoire, négligé des précautions élémentaires et admis inconsciemment des principes faux. Encore aujourd'hui la plupart des jeunes gens, abandonnés à eux-mêmes, suivraient ces vieux errements. C'est que la Critique est contraire à l'allure normale de l'intelligence. La tendance spontanée de l'homme est d'ajouter foi aux affirmations et de les reproduire, sans même les distinguer nettement de ses propres observations. Dans la vie de tous les jours, n'acceptons-nous pas indifféremment, sans vérification d'aucune sorte, des on-dit, des renseignements anonymes et sans garantie, toutes sortes de « documents » de médiocre ou de mauvais aloi? Il faut une raison spéciale pour prendre la peine d'examiner la provenance et la valeur d'un document sur l'histoire d'hier; autrement, s'il n'est pas invraisemblable jusqu'au scandale, et tant qu'il n'est pas contredit, nous l'absorbons, nous nous y tenons, nous le colportons, en l'embellissant au besoin. Tout homme sincère reconnaîtra qu'un violent effort est nécessaire pour secouer l'*ignavia critica*, cette forme si répandue de la lâcheté intellectuelle; que cet effort doit être constamment répété, et qu'il s'accompagne souvent d'une véritable souffrance.

« L'instinct naturel d'un homme à l'eau est de faire tout ce qu'il faut pour se noyer; apprendre à nager, c'est acquérir l'habitude de réprimer des mouvements spontanés et d'en exécuter d'autres. De même, l'habitude de la Critique n'est pas naturelle; il faut qu'elle soit inculquée, et elle ne devient organique que par des exercices répétés.

« Ainsi le travail historique est un travail critique par excellence; lorsqu'on s'y livre sans s'être préalablement

mis en défense contre l'instinct, on s'y noie. Pour être averti du danger, rien n'est plus efficace que de faire un examen de conscience, et d'analyser les raisons de l'*ignavia* qu'il s'agit de combattre jusqu'à ce qu'elle ait fait place à une attitude d'esprit critique. Il est aussi très salutaire de s'être rendu compte des principes de la méthode historique et d'en avoir théoriquement décomposé, l'une après l'autre, comme nous allons le faire, les opérations successives[1]. « L'histoire, de même que toute autre étude, « comporte surtout des erreurs de fait qui proviennent d'un « défaut d'attention; mais elle est plus exposée qu'aucune « autre à des fautes nées de la confusion d'esprit qui fait « faire des analyses insuffisantes et construire des raisonnements faux... Les historiens avanceraient moins d'affirmations sans preuves s'il leur fallait analyser chacune de « leurs affirmations; ils admettraient moins de principes « faux s'ils s'imposaient de formuler tous leurs principes; « ils feraient moins de mauvais raisonnements s'il leur « fallait exprimer tous leurs raisonnements en forme[2]. »

111. Mais la critique, à elle seule, malgré son importance capitale dans la méthode, ne suffirait pas à constituer l'histoire : elle ne fournit que des faits isolés. Pour les organiser en un corps de science, il faut une série d'opérations *synthétiques*, consistant à rassembler ces éléments épars et souvent disparates, à en trouver le lien, et à leur rendre l'aspect général et la continuité des événements réels, tels que ceux que nous pouvons directement observer : *imaginer* les faits, sous une forme correcte; les *grouper*; combler par le *raisonnement* les lacunes qu'ils laissent entre eux; en formuler

1. Langlois et Seignobos, *Introduction aux études historiques*, p. 44-50.
2. *Revue philosophique*, *l. c.*, p. 178.

les *caractères généraux* et les *rapports*; enfin trouver la forme la plus convenable pour les *exposer*, telles sont les opérations synthétiques nécessaires pour achever le travail historique.

« Aussitôt qu'on commence à trier les faits historiques pour les classer, on se heurte à une question qui a provoqué d'ardentes querelles.

« Tout acte humain est par nature un fait individuel, passager, qui ne se produit qu'à un seul moment et en un seul endroit. Au sens réel tout fait est unique. Mais tout acte d'un homme ressemble à d'autres actes de lui-même ou des autres hommes du même groupe, et souvent à tel point qu'on les confond sous le même nom; ces actes semblables qui se groupent irrésistiblement dans l'esprit humain, on les appelle habitudes, usages, institutions. Ce ne sont que des constructions de l'esprit, mais elles s'imposent avec tant de force aux intelligences des hommes que beaucoup deviennent des règles obligatoires; ces habitudes sont des faits collectifs, durables dans le temps, étendus dans l'espace. — On peut donc considérer les faits historiques sous deux aspects opposés : ou dans ce qu'ils ont d'individuel, de particulier, de passager, ou dans ce qu'ils ont de collectif, de général et de durable. Dans la première conception l'histoire est le récit continu des accidents arrivés aux hommes du passé; dans la seconde elle est le tableau des habitudes successives de l'humanité.

« Sur ce terrain s'est livrée, en Allemagne surtout, la bataille entre les partisans de l'histoire de la civilisation (*Culturgeschichte*), et les historiens de profession restés fidèles à la tradition de l'antiquité; en France on a eu la lutte entre l'histoire des institutions, des mœurs et des idées et l'histoire politique, dédaigneusement surnommée par ses adversaires « l'histoire-bataille ».

« Cette opposition s'explique par la différence des documents que les travailleurs des deux partis avaient l'habitude de manier. Les historiens, occupés surtout d'histoire politique, voyaient les actes individuels et passagers des gouvernants où il est très difficile d'apercevoir aucun trait général. — Dans les histoires spéciales, au contraire (sauf celle des littératures), les documents ne montrent que des faits généraux, une forme de langage, un rite religieux, une règle de droit; il faut un effort d'imagination pour se représenter l'homme qui a prononcé ce mot, accompli ce rite, pratiqué cette règle.

« Il n'y a pas à prendre parti dans cette controverse. La construction historique complète suppose l'étude des faits sous les deux aspects. Le tableau des habitudes de pensée, de vie et d'action des hommes est évidemment une portion capitale de l'histoire. Et pourtant, quand on aurait réuni tous les actes de tous les individus pour en extraire ce qu'ils ont de commun, il resterait un résidu qu'on n'a pas le droit de jeter, car il est l'élément proprement historique; c'est le fait que certains actes ont été l'acte d'un homme ou d'un groupe donné à un moment donné. Dans un cadre réduit aux faits généraux de la vie politique, il n'y aurait pas place pour la victoire de Pharsale ou la prise de la Bastille, faits accidentels et passagers, mais sans lesquels l'histoire des institutions de Rome ou de la France ne serait pas intelligible.

« Pour construire l'histoire générale il faut chercher tous les faits qui peuvent expliquer soit l'état d'une société, soit une de ses évolutions, parce qu'ils y ont produit des changements. Il faut les chercher dans tous les ordres de faits, déplacement de population, innovations artistiques, scientifiques, religieuses, techniques, changement de personnel dirigeant, révolutions, guerres, découvertes de pays.

« Ce qui importe, c'est que le fait ait eu une action décisive. Il faut donc résister à la tentation naturelle de distinguer les faits en grands et petits. Il répugne d'admettre que de grands effets puissent avoir de petites causes, que

le nez de Cléopâtre ait pu agir sur l'Empire romain. Cette répugnance est métaphysique, elle naît d'une idée préconçue sur la direction du monde. Dans toutes les sciences d'évolution on trouve des faits individuels qui sont le point de départ d'un ensemble de grandes transformations. Une troupe de chevaux amenée par les Espagnols a peuplé toute l'Amérique du Sud. Dans une inondation, un tronc d'arbre peut barrer le courant et transformer l'aspect d'une vallée.

« Dans l'évolution humaine on rencontre de grandes transformations qui n'ont pas d'autre cause intelligible qu'un accident individuel. L'Angleterre au XVI^e^ siècle a changé trois fois de religion par la mort d'un prince (Henri Édouard, Marie). L'importance doit se mesurer non à la taille du fait initial, mais à la taille des faits qui en sont résultés. On ne doit donc pas *a priori* nier l'action des individus et écarter les faits individuels. Il faut examiner si l'individu a été en situation d'agir fortement. C'est ce qu'on peut présumer dans deux cas : 1° quand son acte a agi comme exemple sur une masse d'hommes et a créé une tradition, cas fréquent en art, en science, en religion, en technique; 2° quand il a été en possession du pouvoir de donner des ordres et d'imprimer une direction à une masse d'hommes, comme il arrive aux chefs d'État, d'armée ou d'Église. Les épisodes de la vie d'un homme deviennent alors des faits importants.

« Ainsi dans le cadre de l'histoire on doit faire une place aux personnages et aux événements[1]. »

Mais si les individualités tiennent en histoire une place légitime, contrairement à ce qui ce passe dans les autres sciences, il ne faut pas oublier que l'intérêt de toute connaissance est dans ce qu'elle a de général [6]. « Le savant doit ordonner, dit H. Poincaré; on fait de

1. Langlois et Seignobos. *Introduction aux études historiques*, p. 204-206 et 215-216.

la science avec des faits comme on fait une maison avec des pierres; mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est qu'une maison... Carlyle a écrit quelque part quelque chose comme ceci : « Le fait seul importe. *Jean sans Terre a passé par ici*: voilà qui est admirable, voilà une réalité pour laquelle je donnerais toutes les théories du monde. » Carlyle était un compatriote de Bacon; mais Bacon n'aurait pas dit cela. C'est là le langage de l'historien. Le physicien dirait plutôt : Jean sans Terre a passé par ici; cela m'est bien égal puisqu'il n'y repassera plus[1]. » — Eh bien! ce n'est même pas là le langage de l'historien, quand il comprend les conditions de son travail; ce n'est que la boutade d'un grand écrivain. Il n'y a pas d'histoire sans un choix entre les faits, et ce choix est déterminé par leur intérêt, leur valeur, leur importance, c'est-à-dire en définitive par les idées générales auxquelles ils aboutissent.

« Les érudits, habitués à recueillir tous les faits sans préférence personnelle, tendent à exiger surtout un recueil de faits complet, exact et objectif. Tous les faits historiques ont un droit égal à prendre place dans l'histoire; conserver les uns comme plus importants et écarter les autres comme moins importants, ce serait faire un choix subjectif, variable suivant la fantaisie individuelle; l'histoire ne doit sacrifier aucun fait.

« A cette conception très rationnelle on ne peut opposer qu'une difficulté matérielle; mais elle suffit, car elle est le motif pratique de toutes les sciences : c'est l'impossibilité

1. H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, p. 168.

de construire et de communiquer un savoir complet. Une histoire où aucun fait ne serait sacrifié devrait contenir tous les actes, toutes les pensées, toutes les aventures de tous les hommes à tous les différents moments. Ce serait une connaissance complète que personne n'arriverait plus à connaître, non faute de matériaux, mais faute de temps. C'est déjà ce qui arrive aux collections trop volumineuses de documents : les recueils de débats parlementaires contiennent toute l'histoire des assemblées, mais, pour l'y trouver, il faudrait plus que la vie d'un homme.

« Toute science doit tenir compte des conditions pratiques de la vie, au moins dans la mesure où on la destine à devenir une science réelle, une science qu'on peut arriver à savoir. Toute conception qui aboutit à empêcher de savoir empêche la science de se constituer.

« La science est une économie de temps et d'efforts obtenue par un procédé qui rend les faits rapidement connaissables et intelligibles; elle consiste à recueillir lentement une quantité de faits de détail et à les condenser en formules portatives et incontestables. L'histoire, plus encombrée de détails qu'aucune autre connaissance, a le choix entre deux solutions : être complète et inconnaissable ou être connaissable et incomplète. Toutes les autres sciences ont choisi la seconde, elles abrègent et condensent, préférant le risque de mutiler et de combiner arbitrairement les faits à la certitude de ne pouvoir ni les comprendre ni les communiquer. Les érudits ont préféré s'enfermer dans les périodes anciennes où le hasard, qui a détruit presque toutes les sources de renseignements, les a délivrés de la responsabilité de choisir les faits en les privant de presque tous les moyens de les connaître.

« L'histoire, pour se constituer en science, doit élaborer les faits bruts. Elle doit les condenser sous une forme maniable en formules descriptives, qualitatives et quantitatives. Elle doit chercher les liens entre les faits qui forment la conclusion dernière de toute science[1]. »

1. Langlois et Seignobos, *Introduction aux études historiques*, p. 227-229. Voir dans le même chapitre l'examen des différentes tentatives faites pour découvrir ces généralités historiques, et des illusions auxquelles elles ont donné lieu.

Exemples et règles de critique historique.

113. — 1° *Critique de restitution*, c'est-à-dire reconstitution d'un document altéré.

On lisait dans le texte des lettres de Sénèque : « Philosophia unde dicta sit, apparet; ipso enim nomine fatetur. Quidam et sapientiam ita quidam finierunt ut dicerent divinorum et humanorum sapientiam... » Le second *quidam* n'avait évidemment aucun sens; il fallait supposer une lacune ou une répétition accidentelle du mot. — Madvig a découvert le mot de l'énigme. Il s'est rappelé que les manuscrits anciens étaient écrits sans majuscules, ni blancs, ni ponctuation, et s'est représenté le texte sous cette forme :... IPSOENIMNOMINEFATETVRQVIDAMETSAPIENTIAMITAQVIDAMFINIERVNT...; ce qui lui a donné la clef de l'énigme; il suffit de lire, en ponctuant autrement : « Ipso enim nomine fatetur quid amet. Sapientiam ita quidam finierunt, etc. »

2° *Critique de provenance.* « Parmi les découvertes innombrables auxquelles ont donné lieu les progrès de la critique, rappelons celle qui a définitivement fait rentrer dans la légende l'histoire de Guillaume Tell. Il y a là une conclusion scientifique aussi rigoureuse que l'annonce de la prochaine éclipse de soleil. Le faisceau de preuves dont l'accord est jugé suffisant par notre raison est très complexe. Les mémoires du

XIV^e^ siècle ne font jamais mention de l'histoire de Tell; plus tard, nous assistons peu à peu à la formation de la légende : la première fois qu'il en est question, c'est dans une chanson qui raconte l'épisode de la pomme; or, justement un peu avant a pénétré en Suisse la traduction latine d'une légende danoise absolument identique, bien antérieure au XIV^e^ siècle, et dont le héros est un Danois. Cela coïncide d'ailleurs avec une série d'efforts tentés de tous côtés pour attribuer un rôle héroïque, et même une naissance fameuse aux hommes des « Trois-Cantons », etc. Quand on pénètre dans la série des recherches, il est extrêmement difficile d'indiquer l'instant précis où l'on juge la preuve *scientifique*; mais on n'a plus aucun doute si l'on parcourt la série complète des observations accumulées. La lumière jaillit avec autant de clarté que du raisonnement géométrique le plus rigoureux, malgré la distance où l'on se trouve de semblables démonstrations[1]. »

« La tendance naturelle, même des historiens qui travaillent avec méthode, est de lire le texte avec la préoccupation d'y trouver directement des renseignements, sans penser à se représenter exactement ce que l'auteur a eu dans l'esprit. Cette pratique est excusable tout au plus pour les documents du XIX^e^ siècle, écrits par des hommes dont la langue et la façon de penser nous sont familières, dans les cas où une seule interprétation est possible. Elle devient dangereuse dès que les habitudes de langage ou de pensée de l'auteur s'écartent de celles de l'historien

1. Gaston MILHAUD, professeur à l'Université de Montpellier, puis à la Sorbonne. *Études sur la pensée scientifique*, p. 11-12.

qui le lit ou que le sens du texte n'est pas évident et incontestable. Quiconque, lisant un texte, n'est pas occupé exclusivement de le comprendre, arrive forcément à le lire à travers ses impressions; dans le document il est frappé par les phrases ou les mots qui répondent à ses propres conceptions ou s'accordent avec l'idée *a priori* qu'il s'est formé des faits; sans même s'en apercevoir, il détache ces phrases ou ces mots et en forme un texte imaginaire qu'il met à la place du texte réel de l'auteur.

« Ici, comme toujours en histoire, la méthode consiste à résister au premier mouvement. Il faut se pénétrer de ce principe, évident mais souvent oublié, qu'un document ne contient que les idées de l'homme qui l'a écrit, et il faut se faire une règle de commencer par comprendre le texte en lui-même, *avant* de se demander ce qu'on en peut tirer pour l'histoire[1]. »

De là une règle essentielle en histoire, la *règle du contexte* : « Une expression change de sens non seulement suivant l'époque et les habitudes de l'écrivain, mais suivant le passage où elle se trouve et suivant l'esprit général du morceau dont fait partie ce passage; on ne doit donc jamais isoler une phrase de son *contexte*, c'est-à-dire du morceau tout entier auquel elle appartient; et on ne doit jamais l'interpréter qu'en tenant compte de tout ce qui l'entoure. »

Corollaire : « On ne peut rien prouver en recueillant dans un travail *de seconde main* des citations détachées de leur contexte, c'est-à-dire privées de ce qui leur donne leur sens. Avant d'en faire usage, il faut avoir lu dans son ensemble le morceau primitif dont elles font partie. » Il ne suffit donc pas de vérifier si la

1. LANGLOIS et SEIGNOBOS, ouvrage cité, pp. 119-120.

phrase qu'on a citée se trouve bien à l'endroit indiqué chez l'auteur primitif : il faut s'assurer de la portée qu'elle y a. « Vérifier les citations, disait Fustel de Coulanges, est tout autre chose que lire les textes, et les deux conduisent souvent à des résultats opposés. »

On peut en donner comme exemple, dans l'histoire des sciences, le mot de Newton : *Hypotheses non fingo*, à la fin de son ouvrage sur les *Principes mathématiques des sciences naturelles*. On le cite très souvent à contre-sens : Newton veut dire par là qu'il ne veut pas faire d'hypothèse sur la *cause métaphysique* ou sur le *mécanisme physique* de la gravitation; il ne veut pas dire qu'on ne puisse faire aucune supposition vérifiable par ses conséquences; et son idée de la gravitation universelle était précisément elle-même une supposition de ce genre. [70].

4° Critique de sincérité et d'exactitude[1]. Première question : l'auteur sur lequel nous nous appuyons est-il sincère? Voyons pour cela les cas les plus importants qui ont pu l'entraîner à mentir.

a. Avait-il à cela un intérêt personnel, étant donné le but qu'il voulait atteindre au moment où il écrivait ce texte, ou encore étant donné l'idéal qu'il se faisait, son genre de vanité[2], l'opinion qu'il aurait voulu donner de lui-même à ses contemporains ou à leurs successeurs? Y avait-il un

1. D'après l'ouvrage cité de LANGLOIS et SEIGNOBOS.

2. « La vanité n'a pas partout les mêmes objets; un auteur peut mentir pour s'attribuer, à lui ou aux siens, des actes que nous trouverions déshonorants. Charles IX s'est vanté faussement d'avoir préparé la Saint-Barthélemy. » LANGLOIS et SEIGNOBOS, *ibid.*, 142.

intérêt collectif? « Un auteur est membre à la fois de plusieurs groupes, famille, province, patrie, secte religieuse, parti politique, classe sociale, dont les intérêts sont souvent en conflit; il faut savoir démêler le groupe auquel il s'intéressait le plus et pour lequel il aura travaillé ».

b. N'a-t-il pas été placé dans une situation qui le forçait à mentir? Cela arrive fréquemment; on affirme dans un procès-verbal quelque circonstance de date, de lieu, etc., qui est nécessaire pour la régularité de l'acte, mais qui est fictive. « De ce qu'un personnage signe un acte, on peut conclure qu'il l'a consenti, mais non qu'il a été réellement présent à l'heure où l'acte mentionne sa présence. »

c. L'auteur a des sympathies ou des antipathies pour tel personnage, telle collectivité.

d. L'auteur a voulu plaire au public ou du moins éviter de le choquer. Les actes authentiques, officiels ne sont pas à l'abri de cette déformation, bien au contraire. « Les types les plus nets de ce genre de mensonge sont les formes de cérémonial, paroles sacramentelles, déclarations prescrites par l'étiquette, harangues d'apparat, formules de politesse... On a longtemps cru à l'humilité de certains dignitaires ecclésiastiques du moyen âge, parce que le jour de leur élection, ils commencaient par repousser une fonction dont ils se déclaraient indignes, jusqu'à ce qu'enfin on s'est avisé par comparaison que ce refus était une simple forme de convenance. »

e. L'auteur a déformé les faits par artifice littéraire, pour les rendre plus frappants, plus pittoresques, plus dramatiques. La plupart des hommes ont une grande tendance à raconter non pas ce qui s'est passé, mais ce qui aurait dû se passer « pour la beauté du fait », et aussi à le croire. La plupart des mots historiques sont imaginaires.

Deuxième question : l'auteur que nous citons ne s'est-il pas trompé? — Pour le savoir il faut examiner quels sont les cas les plus habituels d'erreur :

a. L'auteur était bien placé pour observer le fait dont il parle et a cru réellement l'observer; mais il a été victime d'une hallucination (c'est rare) ou d'une illusion produite par quelque circonstance accidentelle, ou par quelque idée préconçue (c'est très fréquent). En particulier toute réponse à une question doit être critiquée avec soin : car une question, dans la plupart des cas, suggère la réponse et par suite altère plus ou moins ce qu'aurait été le témoignage spontané[1].

b. L'auteur a été mal placé pour observer, ou pour enregistrer ce qu'il a observé. On sait, par la pratique des sciences et par la psychologie, que tout souvenir qui n'est pas noté immédiatement se déforme, et quelquefois d'une façon prodigieuse.

c. L'auteur parle de choses sur lesquelles il faudrait une compétence spéciale, qu'il n'avait pas, et dont l'absence ne lui permettait pas de les bien comprendre.

d. L'auteur enregistre, par devoir professionnel, des choses qui ne l'intéressent pas; il remplit, par exemple, un questionnaire adressé par une autorité; ou bien, étant reporter, il fait un article sur des on-dit qu'il a écoutés distraitement.

e. L'auteur affirme, non pas un fait précis, mais un état interne, un sentiment, un motif; ou encore un fait général, un usage commun à tout un peuple, ou toute une époque, en un mot quelque chose qui ne peut être que le résultat d'observations multiples élaborées et combinées. Il faudra dans ce cas examiner séparément s'il a opéré avec des données suffisantes, et s'il a opéré correctement sur les données qu'il avait.

Troisième question : en considérant en eux-mêmes les faits qui nous sont rapportés, pouvons-nous y

1. M. Binet, dans son livre *La suggestibilité*, donne des exemples frappants des erreurs qu'on peut provoquer volontairement dans une réponse par la forme de la question.

trouver quelque marque intrinsèque de leur vérité ou de leur fausseté?

a. Le fait en question est-il de nature à rendre le *mensonge* improbable? L'auteur avait-il vraiment intérêt à le taire, et savait-il qu'il y avait intérêt? Le fait était-il si notoire, si connu du public que l'auteur n'aurait pu l'altérer sans être odieux ou ridicule[1]? Ou bien est-il assez indifférent à l'auteur pour qu'il n'eût aucune raison de l'altérer? — A cet égard un récit même entièrement fictif peut nous instruire beaucoup : un roman nous renseigne quelquefois très bien sur les costumes, les habitations, les mœurs, les lois et coutumes dont il parle.

b. Le fait est-il de nature à rendre l'*erreur* improbable? Il y a des faits si considérables qu'ils ne peuvent échapper, même à un mauvais observateur : par exemple, parce qu'ils ont duré très longtemps, comme un monument qu'on trouve décrit à plusieurs époques, un usage qui s'est continué pendant tout un siècle; ou encore parce qu'ils ont été très étendus dans l'espace : une bataille, une guerre, etc. L'existence d'un personnage historique, d'une ville, d'un peuple, d'un trait de mœurs très visible peut être en général déterminé avec une grande certitude.

c. Le fait est-il de nature à n'avoir été affirmé que s'il est exact? Un fait a de grandes chances d'être vrai s'il paraît très invraisemblable à celui qui l'a constaté. « On doit donc se demander si le fait affirmé était en contradiction avec les autres notions qui garnissaient l'esprit de l'auteur, si c'est un phénomène d'une espèce inconnue à l'auteur, un acte ou un usage qui lui paraît inintelligible, si c'est une parole dont la portée dépasse son intelligence comme les paroles du Christ dans les Evangiles, ou les

1. Mais il faut songer que cela n'est plus vrai dans les âges barbares ou pour les gens passionnés. « Louis VII a osé écrire que Jean sans Terre avait été condamné par le jugement de ses pairs. » Langlois et Seignobos, ouvr. cit., p. 159.

réponses de Jeanne d'Arc dans les interrogatoires de son procès). Mais il faut se tenir en garde contre la tendance de juger des notions de l'auteur d'après les nôtres : quand des hommes habitués à croire au merveilleux parlent de monstres, de miracles, de sorciers, ce ne sont pas pour eux des faits inattendus, et le critérium ne s'applique pas [1]. »

1. LANGLOIS et SEIGNOBOS, ouvr. cit., p. 160.

CHAPITRE VI

LES HYPOTHÈSES GÉNÉRALES

Leur valeur. — L'unité de la matière : les corps simples et leur transmutation. — L'unité des forces physiques : le son, la chaleur, la lumière, l'électricité. — L'Énergétisme. — La dégradation de l'énergie. — L'analogie : théorie des sociétés animales; réversibilité des phénomènes. — Hypothèses spéciales au système solaire ou à notre planète : la nébuleuse, le feu central, le transformisme, l'évolution.

114. Il ne faut pas se faire d'illusions sur ce qu'on peut appeler les conclusions des sciences. La plupart sont hypothétiques. Les lois de détail qui gouvernent tel ou tel phénomène particulier sont assez bien connues, dans un certain nombre de cas; mais les idées générales sur l'ensemble du monde doivent être douteuses, pour quiconque a l'esprit scientifique, c'est-à-dire précis et peu disposé à prendre pour des faits les constructions plus ou moins séduisantes de son imagination. Et encore ne parlons-nous ici que du monde sensible, phénoménal, le seul dont s'occupe la science; du monde que nous percevons avec nos yeux et nos mains, ou que nous pourrions percevoir de cette manière, le cas échéant. S'il s'agissait de connaître la

cause et l'essence des choses en soi, ce serait une bien autre difficulté : la métaphysique, quand elle y tend, hérite de toutes les hésitations de la science, et y ajoute les propres obstacles qu'elle doit surmonter pour son compte. C'est dire qu'à moins d'y être guidé par l'intuition on court le risque de n'y pas trouver de bien satisfaisantes solutions.

Mais revenons à la science phénoménale, et à ses hypothèses les plus élevées. Aussi bien beaucoup de bons esprits voient-ils dans ces conceptions un succédané de la métaphysique. Il n'est pas facile, sans doute, de se résigner à ne jamais connaître le secret de l'existence des choses; mais à défaut de ce savoir parfait qui résumerait tous les autres, c'est encore une belle satisfaction pour l'esprit que la contemplation de l'ordre du monde, des principes généraux auxquels il obéit, de l'unité et de l'identité qui se manifestent au travers de tous ses changements, et qui font le thème éternel que le détail des choses enveloppe de ses variations. Tel est l'intérêt des hypothèses un peu vastes que l'on peut faire sur l'ensemble des sciences, que les esprits les plus incultes n'en sont jamais tout à fait dépourvus. Ces idées sont presque toujours incomplètes, fausses le plus souvent et parfois enfantines. Mais du moment qu'elles existent, et puisqu'il n'est ni possible ni souhaitable de s'en passer, ce n'est qu'une raison de plus pour essayer d'en former de meilleures.

Unité de la matière.

115. L'observation fait connaître un grand nombre de corps naturels différant les uns des autres par leur poids, leur couleur, leur résistance, leurs propriétés physiques et chimiques. Ainsi l'air, l'eau, la pierre, les minerais, le bois, les substances animales et végétales nous sont donnés tout faits dans l'expérience; d'où cette première idée empirique et naturelle à des esprits peu cultivés, qu'il existe dans l'univers un certain nombre de matières différentes l'une de l'autre, et qui composent tous les corps. Que l'on suppose le nombre de ces matières élémentaires infini, comme le voulait Anaxagore, ou qu'on les réduise à quatre — le feu, la terre, l'air et l'eau — suivant le système d'Empédocle et de la plupart des physiciens grecs, l'hypothèse demeure la même : les matières sont multiples.

Cependant, l'homme ayant des mains pour manier les corps, et une intelligence pour les étudier, on ne tarda pas à s'apercevoir que les matières fournies par la nature changeaient aisément de propriétés, et pouvaient même se transformer l'une en l'autre. L'eau échauffée devient de l'air, disaient les premiers philosophes, qui désignaient sous ce nom tous les gaz. D'autres réactions plus surprenantes encore étaient observées : la transformation du bois en cendres, celles des cendres et du sable en verre, connu en Égypte depuis un temps qui ne se peut assigner. Ces changements si nombreux et si frappants donnèrent lieu à quel-

ques hommes plus réfléchis que les autres de supposer qu'une seule matière prenait successivement toutes les propriétés, suivant l'état où elle se trouvait. Il ne faudrait pas croire que cette idée soit tardivement apparue dans l'histoire de la philosophie naturelle : le plus ancien savant grec qui soit connu, Thalès, soutenait que l'eau est l'élément (στοιχεῖον) dont toutes choses sont formées, par condensation ou raréfaction; Anaximène en disait autant de l'air, Héraclite du feu; et cette idée venait certainement de plus loin encore, car il y en a des traces évidentes dans ce qui nous reste des théories égyptiennes.

Démocrite enfin précisa cette conception. La matière n'a que deux propriétés fondamentales, l'étendue et la résistance. Tout le reste est illusion des sens. Elle est divisée en un nombre infini de petits fragments insécables (ἄτομοι), de formes irrégulières et variées, qui se meuvent dans un vide absolu, et par leurs combinaisons constituent tous les corps. De là vient la haute opinion que les philosophes du moyen âge eurent de Démocrite, et qui lui fit même attribuer des traités apocryphes d'alchimie. A l'examiner de près, cette théorie n'est cependant pas un véritable monisme, et l'unité de la matière n'y existe que verbalement, comme dans toute théorie admettant des atomes à formes déterminées et diverses. Ces formes en effet sont, par leur immutabilité spécifique, autant de types matériels distincts, entre lesquels aucune transmutation ne peut se produire. Si le feu, comme le soutient Démocrite, est fait d'atomes sphériques, il est absolument hétérogène à la terre, faite d'atomes anguleux, et

nulle opération ne fera jamais passer un corps de l'un à l'autre. Et comme Démocrite admet expressément d'une part que le nombre des figures atomiques est infini, de l'autre que ce sont des objets réels et non pas un simple symbolisme géométrique [1], il n'est pas au fond fort éloigné du système d'Anaxagore qui multipliait indéfiniment le nombre des matières. Ainsi l'unité des corps, à peine conçue, retombait dans la multiplicité, parce qu'elle était imaginée d'une façon toute sensible, et cependant interprétée comme une réalité métaphysique.

116. L'idée de l'unité de la matière, plus ou moins strictement entendue, n'en demeura pas moins l'hypothèse favorite des physiciens. Pythagore et Platon l'enseignent, dans un sens il est vrai beaucoup plus philosophique et rigoureux que celui de Démocrite : nous aurons à y revenir. Les Épicuriens adoptent le système atomistique. Aux premiers siècles de l'ère chrétienne commence à se développer l'alchimie, dont cette unité est l'hypothèse fondamentale, puisqu'elle s'occupe essentiellement de transmuer les corps en y faisant naître ou disparaître les différentes *qualités* qui les distinguent l'un de l'autre. Cette obscure et puissante doctrine, dont les adeptes furent longtemps appelés les « philosophes », comme s'ils eussent possédé la science par excellence, dura malgré toutes les persécutions, s'accrut, et compte encore aujourd'hui des représentants. Par elle, l'idée du monisme chimique passa de l'antiquité à la Renaissance. Bacon

1. Zeller, *la Philosophie des Grecs*, trad. Boutroux, II, 289.

l'admet, et si la fabrication de l'or artificiel lui paraît extrêmement difficile, il accorde cependant qu'on y pourrait vraisemblablement arriver « à force d'essais et de sagacité, si l'on connaissait à fond la nature de la pesanteur, de la couleur jaune, de la malléabilité, de la ductilité, de la fixité, de la volatilité, et si l'on avait aussi pénétré celle des premières semences des métaux [1] ».

« Selon mon opinion, dit de même Descartes, le sel, le soufre et le mercure des chimistes ne diffèrent pas plus entre eux que les quatre éléments des philosophes, ni guère plus que l'eau diffère de la glace, de l'écume et de la neige; car je pense que tous les corps sont faits d'une même matière, et qu'il n'y a rien qui fasse de la différence entre eux; sinon que les petites parties de cette matière qui composent les uns ont d'autres figures ou sont autrement arrangées que celles qui composent les autres [2]. »

117. Mais depuis Lavoisier, tout s'est trouvé remis en question. Se fondant sur la loi de l'immutabilité de la masse [149], qui permet à l'expérimentateur de s'assurer qu'il n'a rien ajouté ni rien laissé perdre, on a pu faire des analyses précises, et définir avec rigueur les réactions obtenues. Le résultat de ces expériences a été surprenant; elles ont révélé l'existence de plus de *quatre-vingt-dix* corps absolument indécomposables jusqu'ici par tous les moyens dont nous disposons, mais avec lesquels nous pouvons au contraire reconstruire synthétiquement tous les autres composés. Quelques-uns, jugés d'abord simples, la potasse, par

1. *De Dignitate et Augmentis*, liv. III, chap. v.
2. Descartes, *Lettres*, IX, 320, éd. Cousin. — Cf. plus haut, § 117.

exemple, ont été rayés de la liste après une observation attentive; d'autres, nouveaux, ont été découverts. Mais dans l'ensemble, le résultat ne s'en est pas trouvé modifié : pas de matière unique, mais un grand nombre de matières différentes et irréductibles, voilà le dernier mot de l'expérience.

Il est évident que ce ne peut être le dernier mot de la science; ce chiffre n'a aucune raison d'être, et ne repose que sur une preuve négative, c'est-à-dire toute temporaire et instable. « En réalité, disait Berthelot, qui s'est toujours préoccupé de cette question, cette limite n'a jamais été acceptée par les chimistes que comme un fait actuel, qu'ils ont toujours conservé l'espoir de dépasser. » Il trouvait d'ailleurs de fortes raisons, dans l'expérience même, de supposer l'existence d'éléments plus simples et moins nombreux, voire d'une matière unique dont tout le reste serait composé :

« Il existe certains éléments, comparables entre eux, et qui possèdent en même temps des poids atomiques identiques. Tels sont le cobalt et le nickel, par exemple. Ces deux métaux sont semblables par la plupart de leurs propriétés, et ils produisent deux séries de composés parallèles, en s'unissant avec les autres éléments. Or ici interviennent de nouvelles et plus puissantes analogies. En effet un tel parallélisme dans les réactions de deux corps et dans celles de leurs composés n'est pas sans exemple dans la science : en particulier, il n'est pas rare de le rencontrer, dans l'étude des principes organiques tels que les carbures d'hydrogène, les essences de térébenthine et de citron, par exemple; ou bien encore les acides tartrique et paratartrique. Ces deux essences, ces deux acides, sont formés des mêmes éléments, unis dans les mêmes proportions et avec la même condeu-

sation, mais pourtant avec un arrangement différent. En outre, les deux carbures, les deux acides sont susceptibles d'engendrer des combinaisons parallèles : c'est là ce que nous appelons des corps *isomères*. Or le nickel et le cobalt se comportent précisément de la même manière. Il est certainement étrange de trouver un semblable rapprochement entre des principes composés, tels que des carbures ou des acides et ces deux métaux, ces deux corps réputés simples; comme si les deux prétendus corps simples étaient formés, eux aussi, par les arrangements différents de certaines matières élémentaires plus simples qu'eux-mêmes....

« Poursuivons ces rapprochements : ils s'étendent plus loin. En effet, à côté des éléments isomères viennent se ranger d'autres éléments dont les poids atomiques ne sont pas identiques, mais liés dans un même groupe par des relations numériques simples et multiples les unes des autres. L'oxygène, par exemple, peut être comparé au soufre dans les combinaisons de ces deux éléments avec l'hydrogène et avec les métaux. L'eau et l'hydrogène sulfuré, les oxydes et les sulfures constituent deux séries de composés parallèles. Le soufre peut même être rapproché plus strictement encore du sélénium et du tellure : ce sont là des éléments comparables, formant, je le répète, des combinaisons parallèles avec l'hydrogène, avec les métaux et même avec l'oxygène et la plupart des autres éléments. Or l'analogie chimique de ces éléments se retrouve dans la comparaison numérique de leurs poids atomiques : le poids atomique du soufre est sensiblement double de celui de l'oxygène, celui du sélénium en est presque quintuple, et celui du tellure est huit fois aussi considérable que celui de l'oxygène, c'est-à-dire quadruple de celui du soufre.

« Ici encore nous retrouvons des analogies remarquables dans l'étude des carbures d'hydrogène. Ces poids atomiques d'éléments multiples les uns des autres rappellent les corps *polymères*, c'est-à-dire les composés condensés de la chimie organique. On connaît en effet des carbures d'hydrogène formés des mêmes éléments, unis dans la même proportion relative, mais tels que leurs poids moléculaires et leurs densités gazeuses sont multiples les uns des autres. La benzine et l'acétylène, par exemple, sont des carbures d'hydrogène de cet ordre; ils sont formés tous deux par l'association d'une partie en poids d'hydrogène avec six parties de carbone. Mais la vapeur de la benzine, sous le même volume, est trois fois aussi lourde que celle de l'acétylène. Ce n'est pas tout : la benzine dérive de l'acétylène par une condensation directe; elle en est le polymère. Réciproquement nous savons transformer par expérience ces composés polymères dans un sens inverse, revenir du carbure condensé à son générateur; nous savons transformer notamment la benzine en acétylène par la chaleur et l'électricité.

« Cette ressemblance entre les carbures polymères et les corps simples à poids atomiques multiples suggère aussitôt l'espérance de transformations du même ordre. Si nous modifions les carbures d'hydrogène, pourquoi ne pourrions-nous pas modifier aussi les corps simples qui offrent des relations numériques analogues? Pourquoi ne pourrions-nous pas former le soufre avec l'oxygène, former le sélénium et le tellure avec le soufre par des procédés de condensation convenable?...

« Rien en effet ne s'y oppose *a priori* : toutefois, et la chose est essentielle, l'épreuve expérimentale, souvent essayée, a échoué jusqu'à présent [1]. »

118. Cependant d'autres raisons viennent encore appuyer l'hypothèse de la complexité des corps soi-disant simples. L'existence des familles naturelles d'éléments, reconnue par Ampère, familles dans lesquelles les propriétés physiques, chimiques, numériques sont reliées par des lois très apparentes; les

1. M. Berthelot, *les Origines de l'alchimie*, IV, 2. Steinheil, 1885. — Cependant, fait remarquer un peu plus loin le même auteur, on a fait directement avec de l'oxygène de l'ozone, « corps doué de propriétés spécifiques très singulières et tout à fait comparable à un élément ».

curieux rapports mathématiques observés par des chimistes contemporains entre les valences de tous ces corps, et inversement, les états allotropiques d'une même substance, les variétés du carbone, les anomalies de l'azote; enfin et plus que tout la répugnance de la pensée à admettre un nombre tout à fait irrationnel d'éléments, tout concourt à faire supposer une forme matérielle plus simple, dont le reste dériverait par voie de combinaison et de condensation.

La théorie des ions et des électrons est venue donner une certitude presque complète à cette vue de l'esprit.

Les rayons cathodiques, les corps radio-actifs, beaucoup d'actions physiques diverses produisent des effets singuliers, et inexplicables par le seul mouvement d'ensemble des atomes. Aussi les physiciens modernes, en particulier J. J. Thomson, de Cambridge, ont-ils été conduits à l'hypothèse suivante : chaque atome des corps considérés comme simples serait une sorte de petit système solaire minuscule, ayant un noyau central chargé d'électricité positive, ou même peut-être qui se confondrait entièrement, quant à sa nature, avec l'électricité positive; autour de ce noyau graviteraient, avec une rapidité prodigieuse[1], des corpuscules extrêmement petits par rapport à leurs distances et qu'on avait cru d'abord extrêment nombreux même pour les atomes les plus simples; mais les physiciens en réduisent actuellement le nombre à un seul pour l'atome d'hydrogène, 92 pour l'uranium, dans lequel il y en a le plus; enfin chacun de ces corpuscules

1. Du même ordre de grandeur que le nombre des vibrations perceptibles comme lumière.

serait électrisé négativement, ou identique à un élément d'électricité négative. — Supposons maintenant que par un accident quelconque, un choc par exemple, ou par une désagrégation naturelle comme celle qu'on suppose dans le radium, *un* de ces corpuscules vienne à être dévié de son orbite, et se détache de l'atome dont il fait partie : le voilà lancé librement dans un gaz ou dans un liquide, où il va constituer ce qu'on appelle un *ion négatif*; le reste de l'atome, à peine diminué, ne jouira cependant plus des mêmes propriétés, et constituera un *ion positif*. L'un et l'autre (et particulièrement l'ion négatif) vont produire par leurs mouvements et par leurs charges électriques toutes sortes de phénomènes que le raisonnement peut faire prévoir, et qui correspondent précisément à toutes les circonstances essentielles qui nous sont présentées par l'observation. — L'hypothèse est donc tout à fait vraisemblable.

Mais, chose remarquable, le corpuscule *est toujours identique*, dans toutes ses propriétés, qu'il provienne d'un atome de fer, de cuivre, d'hydrogène, etc. Il ne participe donc pas à la nature chimique particulière du corps dont il faisait partie. « Il n'est pas impossible que le noyau positif soit, lui aussi, constitué par des parties identiques dans les atomes de toute nature. Les atomes différeraient alors, non par leur matière constitutive, mais par la quantité de matière positive ou *électron positif* (le noyau) et par le nombre, la disposition des corpuscules ou *électrons négatifs* (les satellites). Ainsi il se peut que la théorie corpusculaire conduise à l'unité de la matière, si chère aux

esprits philosophiques; unité, pourtant, pas tout à fait, puisqu'elle nécessiterait *deux* matières fondamentales distinctes : l'une, l'électron positif, inséparable d'une charge d'électricité positive; l'autre, l'électron négatif, inséparable d'une charge d'électricité négative. Mais cette petite complication amènerait une autre simplification très importante : ces deux matières se confondraient avec les deux électricités elles-mêmes [1]. »

119. Il ne faudrait pas toutefois, en partant de là, se figurer qu'on ait saisi l'élément dernier des choses, et que ces particules ultimes, dont se composerait l'atome pondérable, soient des substances existant par elles-mêmes et avec lesquelles on pourrait expliquer le monde. En effet, de deux choses l'une : la matière première constituant chacun de ces corpuscules est nécessairement soit discontinue, soit continue. Il ne peut y avoir que ces deux hypothèses; mais elles nous amènent également à considérer la matière élémentaire comme une pure abstraction, sans réalité perceptible ou même imaginable.

Considérons d'abord l'hypothèse de la matière discontinue. La manière la plus simple de se la représenter serait celle des atomistes, qui l'imaginaient comme une réduction des objets sensibles que nous percevons,

1. H. Pellat, *Le nouvel état de la matière*, Revue scientifique, avril 1905, p. 519. La charge d'électricité positive qui sert à constituer les noyaux est aujourd'hui appelée *proton*. On admet que le noyau peut contenir aussi un certain nombre de charges négatives, mais en quantité moindre que celle des protons.

mais dépouillés de leurs qualités spéciales. Les éléments matériels seraient donc quelque chose comme des grains de sable prodigieusement petits, insécables et conservant cependant des dimensions. Ces *ultimates*, comme les a nommés un physicien contemporain, formeraient par leurs divers groupements les molécules de différents corps chimiques. Cette idée paraît d'abord simple et fort aisée à comprendre; mais, en y réfléchissant, ces éléments sont étendus, si petits qu'ils soient, donc composés de parties différentes; d'où vient leur unité? S'ils n'ont d'autre propriété que l'étendue, ils se confondent avec l'espace où ils se meuvent; il faudrait donc leur attribuer la résistance. Mais la résistance que nous connaissons est une propriété variable, venant de la composition même des corps, et passant du degré de cohésion de l'air à celui du diamant. Elle dépend de la force extérieure : le beurre est solide pour une mouche, pâteux pour un homme; une pression supérieure le ferait s'écouler comme un liquide. La résistance de l'élément serait donc une résistance *infinie*, c'est-à-dire plus grande que toute quantité donnée; mais ce n'est là qu'une limite, donc une abstraction réalisée; on voit combien cette conception est artificielle en considérant que pour chaque point de la surface la résistance passerait brusquement d'une valeur nulle à une valeur infinie. Et l'action de ces corps les uns sur les autres n'est pas moins inexplicable; car s'ils se touchent réellement, comment ne se confondent-ils pas [2]? Et s'ils ne

2. On pourrait dire qu'ils se touchent en un point seulement, mais cela revient au même, car réduire un contact physique à un point mathématique, c'est évidemment le réduire à une abstraction.

se touchent pas, que devient leur impénétrabilité? Leur vraie définition est alors la force qu'ils exercent à distance l'un sur l'autre.

Dans cette nouvelle conception de la matière discontinue, l'élément ne serait qu'un centre de forces, le point d'application d'une répulsion qui s'exercerait sur des centres semblables suivant une loi déterminée, et dont on pourrait chercher la formule la plus en rapport avec les faits observés. La réalité de la nature serait cette loi mathématique. Cette idée est très ancienne; elle semble avoir été celle des pythagoriciens, selon qui toute matière se composait de points et d'intervalles différemment disposés (μονάδες καὶ διαστήματα) et qui ajoutaient que toutes choses sont des *nombres*, c'est-à-dire des figures géométriques formées de points. Elle a été soutenue par Boscovich, qui lui a donné sa forme la plus systématique [1]. Chaque unité matérielle occuperait donc en quelque sens l'espace entier, puisque sa résistance ne serait nulle qu'à l'infini et infinie qu'en un point. Cette conception est très simple et très belle au point de vue mathématique; elle a le grand avantage de se prêter aisément à l'analyse, et même de ne pas trop dérouter l'imagination. Il est évident que par sa nature même, qui est purement géométrique, elle fait de la matière un symbole, une sorte d'algorithme commode, tout ce qu'il y a de permanent et de réel dans le monde se réduisant à des formules et à des points.

1. Le P. Boscovich, jésuite (1711-1787), a écrit entre autres ouvrages scientifiques un livre intitulé *Theoria philosophiæ naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, et dans lequel est exposée la théorie ci-dessus.

Si l'on veut embrasser la seconde branche du dilemme que nous avons d'abord posé, la conclusion est la même. Descartes a conçu la matière comme continue et ne lui a donné d'autre propriété que l'étendue et la mobilité. Renouvelant, peut-être sans le savoir, une théorie de Platon [1], il suppose que cette étendue se différencie par des tourbillons qui s'y produisent, et la découpent pour ainsi dire en morceaux de diverses grandeurs. Très décriée au XVIII^e^ siècle, à cause de l'influence prépondérante de l'atomiste Newton, le système des tourbillons a repris faveur. Les propriétés des mouvements giratoires dans un fluide parfait, continu, homogène et incompressible, d'abord calculées par Lagrange, d'une façon purement théorique et sans but d'application, donnèrent l'idée à sir W. Thomson de revenir à des conceptions voisines du cartésianisme [2]. Si l'on suppose en effet dans un tel milieu un mouvement tournant formant une sorte de tube, on démontre : 1° que ce tube doit se refermer en forme d'anneau; 2° que son volume et par conséquent sa masse sont constants; 3° que son énergie demeure la même; 4° qu'il est indestructible et impénétrable à tout autre anneau du même genre, ainsi qu'à ses propres circonvolutions. Or avec ces propriétés on peut « faire le monde », comme disait Descartes. Le tourbillon annulaire de fluide continu serait donc le véritable atome, l'élément primordial dont les mouvements et

1. Théorie exposée dans le *Timée*, qui est le περὶ φύσεως de Platon.

2. Cette hypothèse est exposée dans un mémoire intitulé *On Vortex Atoms*, inséré dans les comptes rendus de la Soc. roy. d'Édimbourg, 1867.

les combinaisons mécaniques produiraient la matière proprement dite, pondérable et perceptible.

Cette ingénieuse hypothèse, malgré son apparence plus concrète, est comme toutes les autres un symbole géométrique. En effet, si tous les points du continu primitif jouissent bien exactement des mêmes propriétés, comme par exemple chez Descartes où il est identifié avec l'étendue, le mouvement est indiscernable puisque l'identique y remplacerait instantanément l'identique; ou bien s'il ne l'est pas, si l'on veut accorder à chaque point matériel une dénomination intrinsèque, une réalité individuelle qui permette de le désigner et de le reconnaître dans ses mouvements, voilà le continu composé de parties élémentaires, ce qui implique. La continuité n'est logique que dans un objet abstrait, l'espace géométrique, par exemple, dont les parties n'ont pas besoin d'être discernables, et même ont pour propriété fondamentale de ne pas l'être, comme l'a très fortement montré Duhamel [1]. Par conséquent, si nous prenons la continuité pour loi de la matière, c'est encore une idée abstraite, un concept mathématique dont nous faisons le principe explicatif de la matière, comme dans l'hypothèse atomistique ou dans celle des pythagoriciens [2].

120. En résumé, quelque opinion qu'on adopte sur la constitution de la matière, en la supposant une, on

1. *Mécanique*, deuxième section, chap. I.
2. C'est la deuxième antimonie de Kant, dans la *Critique de la raison pure*.

aboutit à la considérer comme une fonction, un rapport, une loi, non comme un objet perceptible, ou comme une chose existant en soi. Ce résultat est très logique car l'explication scientifique, si on la suppose poussée à la limite, n'aboutirait pas à pénétrer l'essence des choses, mais à faire évanouir les différences qui constituent la matière de la connaissance. C'est ce que M. Meyerson a ingénieusement appelé *le paradoxe épistémologique*. Dès lors, si l'on admet un principe unique des différents corps simples, leur transmutation n'a rien que de très logique, allant du sensible au sensible; mais il doit être impossible d'*isoler* autrement qu'en pensée ce principe lui-même, car il n'est pas une *chose* au sens matériel du mot, et ne se manifeste qu'en perdant sa simplicité. Il est la formule dont les objets perceptibles sont des valeurs spéciales; ils n'en sont pas composés physiquement comme l'eau de ses éléments; ils sont engendrés par elle comme le cercle par sa définition; et l'on a pu dire justement qu'ils soutenaient entre eux les mêmes rapports que les figures géométriques représentant les différentes racines d'une équation.

Cette réponse au problème de la constitution physique de la matière, si paradoxale qu'elle semble, a été présentée dès le milieu du XIX^e^ siècle comme une hypothèse soutenable au point de vue expérimental par un grand chimiste contemporain, qui en rapporte lui-même l'origine aux spéculations philosophales du moyen âge [1]. Il ne serait pas impossible d'en retrouver les traces chez Platon et chez les pythagoriciens.

1. BERTHELOT, Comm^es^ à la Société chimique de Paris, 1863.

La matière, ainsi analysée, se réduit donc à une abstraction. Ce n'est pas à dire qu'il faille en tenir l'existence pour illusoire, et comparable à la fausse perception d'un homme qui rêve. Ce serait renverser arbitrairement toutes les idées de réalité et d'irréalité [159]. Telle qu'elle est actuellement donnée, par sa résistance à la volonté, qui ne la gouverne pas à sa fantaisie, par les difficultés qu'elle oppose à l'intelligence, qui n'en découvre pas d'un seul coup toutes les propriétés, enfin par la communauté des représentations qu'en ont les différents esprits, et sur lesquelles ils peuvent s'entendre, la matière présente les caractères les plus solides de ce que les hommes entendent désigner quand ils parlent du réel. Mais il faut prendre garde de ne pas attribuer cette réalité, soit aux premières apparences par lesquelles elle se manifeste dans chaque esprit individuel, soit aux schèmes abstraits dans lesquels elle vient s'effacer quand on l'analyse. Elle est, philosophiquement, l'une des formes fondamentales sous lesquelles se manifeste le donné, c'est-à-dire la multiplicité fondamentale qui constitue la nature, et que l'esprit, dans toutes ses opérations, s'efforce de ramener à l'identité.

De là vient que les plus hardis, parmi les savants qui se risquent à ce genre de spéculations, vont même encore plus loin et tâchent de réduire à l'unité le principe de la matière et celui des actions physiques qui s'y manifestent; mais la dualité reparaît alors sous une autre forme : l'association, dans les phénomènes lumineux comme dans la structure des atomes, entre des ondes et des photons ou des électrons [124].

L'unité des forces physiques.

121. La plus générale et la plus utile de toutes les grandes hypothèses scientifiques est celle qu'on nomme l'*unité des forces physiques*. Elle s'est formée petit à petit, par de lentes accumulations d'idées de détail et de rectifications successives. Elle a donné naissance à des sous-hypothèses d'une très grande valeur, et dont l'histoire est remarquable au point de vue de la méthode des sciences.

Les sensations que nous éprouvons sont de nature très diverse. Elles nous conduisent donc à nous représenter, dans le monde qui nous environne, une quantité de phénomènes, de forces et d'actions tout à fait hétérogènes les uns aux autres : la lumière, la chaleur, la sécheresse, l'humidité, le poids, le son, l'amertume, et une infinité d'autres qualités analogues trop nombreuses pour qu'on les puisse énumérer. Les premiers Grecs, sans plus de façons, admettaient que chacune d'elles avait son principe spécial et irréductible; la forme la plus nette de ce système est la théorie des *homœoméries* d'Anaxagore : il supposait qu'il y avait une infinité d'espèces d'atomes, dont les combinaisons formaient le monde, atomes de bois, de feu, de chair, de lumière, capables de se combiner en toutes sortes de proportions et de se séparer les uns des autres en certains cas, ceux du feu par exemple de ceux du bois dans la combustion d'une bûche.

Mais cette multiplicité hétérogène de principes est le contraire même d'une explication. D'autres philo-

sophes, au contraire, dès l'origine des temps où l'histoire des sciences nous est connue, cherchèrent à ramener les unes aux autres les actions qui se passent dans l'univers. L'un des phénomènes les plus frappants à ce point de vue était le son : les observations les plus simples montrent qu'il s'accompagne d'un mouvement. Pythagore le premier essaya de montrer que la connaissance de ce mouvement pouvait suffire à le définir, et par conséquent à le représenter. La découverte des rapports entre les longueurs d'une même corde vibrante et les sons qu'elle rend lui est attribuée par une tradition unanime de l'antiquité; et c'est pour cette raison que sur son tombeau fut gravé un monocorde, symbolisant cette découverte particulière et plus encore la grande pensée de l'école pythagoricienne : que toute apparence sensible, quelle qu'elle soit, doit se représenter par des nombres pour entrer dans un système d'explication scientifique; autrement dit encore que toute qualité peut être, par un certain biais, comprise comme une quantité.

Mais malgré la largeur de cette belle hypothèse, l'antiquité fit peu de progrès dans cette voie : en effet, avec Socrate et Platon, elle s'occupe surtout des sciences morales, où une pareille réduction est impossible; et des sciences mathématiques, où il n'est pas nécessaire de l'opérer, puisque ces sciences ne traitent précisément que de grandeur et de quantité [1]. Les Épicuriens, il est vrai, répètent après Démocrite, dont

1. Cependant il ne faut pas oublier que Platon continue à admettre en principe l'opinion pythagoricienne, comme le prouve la formule bien connue : Ἀεὶ ὁ θεὸς γεωμετρεῖ.

ils faussent d'ailleurs les doctrines, que tout dans l'univers se passe physiquement; mais en dépit de quelques idées ingénieuses mêlées dans Lucrèce à un fatras d'hypothèses absurdes et de métaphysique matérialiste, on ne peut dire qu'ils aient rien tiré de leur principe pour le progrès des connaissances humaines.

122. Le moyen âge se plait aux qualités occultes; les explications scolastiques consistent à invoquer la *vis dormitiva* pour expliquer que l'opium fait dormir, et la *vis luminosa* pour montrer comment le soleil éclaire. Bacon marque le retour à une méthode meilleure : toute la science consiste, dit-il, à découvrir la texture cachée (*schematismus latens*) qui explique les propriétés perceptibles d'un corps, ou le processus caché (*processus latens*) qui produit un phénomène pris dans son ensemble [1].

Il en donne immédiatement un exemple bien remarquable pour son époque : l'analyse de la chaleur. Par la comparaison de tous les cas où la chaleur se présente, des caractères qui s'y manifestent, des circonstances qui les accompagnent, il en arrive à conclure que la chaleur est un mouvement que sa trop faible amplitude ne nous permet pas de percevoir en tant que mouvement : « Calor est motus expansivus, cohibitus, et nitens per partes minores [2] ». Sans doute cette définition est bien vague encore, et même avec les explications qu'y joint Bacon, elle ne suffit pas à faire

1. *Novum Organum*, liv. II, § 1.
2. Bacon, *De forma calidi*. — Cf. *Novum Organum*, II, 20.

entièrement concevoir comment on peut représenter mécaniquement la chaleur; mais enfin l'idée essentielle s'y trouve, et la thermodynamique moderne n'a fait que la préciser et la confirmer.

« Les physiciens sont partagés sur la nature de la chaleur. Plusieurs d'entre eux la regardent comme un fluide répandu dans toute la nature [1] et dont les corps sont plus ou moins pénétrés, à raison de leur température et de leur disposition particulière à le retenir; il peut se combiner avec eux, et dans cet état il cesse d'agir sur le thermomètre et de se communiquer d'un corps à l'autre; ce n'est que dans l'état de liberté, qui lui permet de se mettre en équilibre dans les corps, qu'il forme ce que nous nommons *chaleur libre*.

« D'autres physiciens pensent que la chaleur n'est que le résultat des mouvements insensibles des molécules de la matière. On sait que les corps, même les plus denses, sont remplis d'un grand nombre de pores et de petits vides, dont le volume peut surpasser considérablement celui de la matière qu'ils renferment; ces espaces vides laissent à leurs parties insensibles la liberté d'osciller dans tous les sens, et il est naturel de penser que ces parties sont dans une agitation continuelle, qui, si elle augmente jusqu'à un certain point, peut les désunir et décomposer les corps; c'est ce mouvement qui, suivant les physiciens dont nous parlons, constitue la chaleur.

« Pour développer cette hypothèse, nous ferons observer que, dans tous les mouvements dans lesquels il n'y a point de changements brusques, il existe une loi générale que les géomètres ont désignée sous le nom de *principe de la conservation des forces vives*; cette loi consiste en ce que, dans un système de corps qui agissent les uns sur les autres d'une manière quelconque, la force vive, c'est-à-dire la somme des

1. Ce que les anciens chimistes, avant Lavoisier, nommaient le feu élémentaire ou *phlogistique*.

produits de chaque masse par le carré de la vitesse, est constante. Si les corps sont animés par des forces accélératrices, la force vive est égale à ce qu'elle était à l'origine du mouvement, plus à la somme des masses multipliées par les carrés des vitesses dues à l'action des forces accélératrices. Dans l'hypothèse que nous examinons, la chaleur est la force vive qui résulte des mouvements insensibles des molécules d'un corps; elle est la somme des produits de la masse de chaque molécule par le carré de sa vitesse [1]. »

Les remarquables découvertes de Carnot [2] et de Rumford [3], la mesure par Joule [4] de l'équivalent mécanique de la chaleur ont de plus en plus confirmé ces idées dans leur partie essentielle. Pour tous les physiciens modernes, la chaleur est sans aucun doute une forme purement sensible qui peut se ramener à

1. Lavoisier et Laplace, *Mémoire sur la chaleur*, présenté à l'Académie en 1780, et reproduit dans les *Lectures scientifiques* de M. Gay.

Lavoisier (1745-1794), ancien fermier général, inspecteur des poudres, guillotiné sous la Terreur à cause de ses anciennes fonctions, universellement reconnu pour le fondateur de la chimie moderne.

Le marquis de Laplace (1749-1827), illustre astronome, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie française, auteur de la *Mécanique céleste* et de l'*Exposition du système du monde* où se trouve exposée l'hypothèse qui porte son nom. Cf. plus bas, § 136.

2. Sadi Carnot (1796-1832), polytechnicien, ingénieur, fils du grand conventionnel, auteur des *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (1824).

3. Benjamin Thomson, comte de Rumford (1753-1814), né en Amérique (New-Hampshire), d'une famille anglaise, officier et physicien, membre de la Société royale de Londres; plus tard au service du prince Maximilien de Bavière, ce qui lui permit de faire un grand nombre d'expériences à la fonderie de canons de Munich. Il épousa en 1805 la veuve de Lavoisier.

4. James Joule, physicien anglais, né à Salford (Manchester) en 1818, et mort en 1889.

des phénomènes mécaniques dont nous n'avons pas la perception directe; et bien que nous ne puissions pas dire encore si le mouvement en question est une vibration, une rotation, une translation ou de toute autre espèce, la découverte de la quantité d'énergie qui lui est propre et des lois mathématiques qui le gouvernent suffit à nous en donner une idée concordante avec celle que s'en faisait Bacon.

123. Plus encore que l'auteur du *Novum Organum*, Descartes pose affirmativement l'hypothèse de l'unité des forces physiques : il n'y a aucun phénomène qui ne puisse être représenté d'une manière adéquate par un mouvement ou un ensemble de mouvements. Bien plus, il considère métaphysiquement l'étendue et la mobilité comme l'essence même de la matière physique [124]. De là cette formule souvent citée et très féconde si on veut bien ne l'entendre qu'au sens phénoménal : « Donnez-moi l'étendue et le mouvement, et je vais faire le monde [1] ».

Descartes a cherché à appliquer à un objet particulier cette théorie de la réductibilité de tous les phénomènes physiques à des problèmes de mécanique. Une heureuse inspiration lui a fait choisir la lumière. Il n'est pas arrivé, il est vrai, à en découvrir la véritable expression géométrique; il a cru qu'elle consistait dans une pression d'éther (ou de *matière subtile*, suivant sa terminologie) qui se transmettait instantanément dans toutes les directions à partir du point où

1. Formule résumant le chap. VI du *Traité du Monde ou de la Lumière.*

elle se produisait. Mais cette conception, bien qu'en partie erronée, n'a pas été sans fruits pour la science; car en premier lieu elle l'a conduit à formuler d'une façon exacte et définitive les lois de la réfraction, qui aujourd'hui encore portent son nom; et d'autre part, en affirmant qu'on pourrait ramener la lumière à un mouvement, il a provoqué deux grandes hypothèses nouvelles, celle de l'émission et celle de l'ondulation, dont la discussion a rempli tout le XVIII[e] siècle et le début du XIX[e].

124. « Suivant le sentiment de Newton [1] et de ceux qui sont attachés à ses principes, la lumière est une émanation réelle du corps lumineux; le soleil lance continuellement autour de lui des rayons de sa propre substance, qui s'étendent jusqu'aux extrémités de la sphère du monde, et ces rayons sont composés de parties qui se succèdent et se renouvellent perpétuellement dans le même lieu avec toute la vitesse que nous fait apercevoir la propagation de la lumière : chaque étoile fixe en envoie de même dans toutes les directions imaginables, et par une suite nécessaire de cette hypothèse, le flambeau qu'on allume pendant la nuit au milieu d'une grande plaine n'y devient visible qu'en remplissant à chaque instant de ses écoulements lumineux un espace hémisphérique qui peut avoir plus de deux lieues de diamètre. Ainsi, selon ce système, la lumière, ou ce qui nous fait voir les objets, est tantôt une substance céleste qui part des astres, tantôt une matière terrestre que l'inflammation développe; mais de quelque source qu'elle vienne, elle coule avec une rapidité dont rien n'approche, et ses parties

1. « C'est aussi l'opinion de Gassendi et de quelques autres philosophes modernes qui ont précédé Newton et qui ont suivi en cela les idées de Démocrite et d'Épicure. » (Note de l'abbé Nollet.)

se divisent, se raréfient, s'étendent au point de former des volumes qui tiennent du prodige, eu égard au petit espace qui les contenait auparavant, et au peu de temps qu'il leur faut pour prendre une si grande étendue [1]. »

Cette théorie de l'émission, proposée par Newton dans son *Optique* [2], se fit accepter par de nombreux physiciens : l'un des plus connus et des derniers fut Biot. Mais dès l'origine, cette hypothèse rencontra dans Huygens un adversaire sérieux et dont les théories devaient finir par l'emporter. Reprenant avec quelques modifications les idées cartésiennes, il suppose que la lumière consiste dans une *ondulation*, c'est-à-dire dans un mouvement vibratoire de l'éther se propageant avec une extrême rapidité, mais sans aucun transport de matière dans le sens où s'exécute le rayonnement. Le *Traité de la lumière*, écrit vers 1678 et publié en 1690 seulement, contient l'exposition et la justification de cette théorie.

« L'on ne saurait douter que la lumière ne consiste dans le mouvement de certaine matière. Car, soit qu'on regarde sa production, or trouve qu'ici sur la terre c'est principalement le feu et la flamme qui l'engendrent, lesquels contiennent sans doute des corps qui sont dans un mouvement rapide, puisqu'ils dissolvent et fondent plusieurs autres

1. L'abbé Nollet (1700-1770), t. V, 15e leçon.
2. Isaac Newton (1642-1727), surtout connu par son hypothèse de génie sur la gravitation universelle, par ses découvertes sur la lumière et la méthode des *fluxions* [55]. Ses principaux ouvrages sont les *Principia philosophiæ naturalis*, traduits en français par Mme du Châtelet, et fort admirés de Voltaire; et l'*Optique*, traduite en français par Coste du vivant de Newton, et plus tard par Marat (1787).

corps des plus solides; soit qu'on regarde ses effets, on voit que quand la lumière est ramassée, comme par des miroirs concaves, elle a la vertu de brûler comme le feu, c'est-à-dire qu'elle désunit les parties des corps, ce qui marque assurément du mouvement, au moins dans la vraie philosophie dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des mouvements de mécanique. Ce qu'il faut faire à mon avis, ou bien renoncer à l'espérance de jamais rien comprendre dans la physique.

« De plus, quand on considère l'extrême vitesse dont la lumière s'étend de toutes parts, et que quand il en vient de différents endroits, même de tout opposés, elles se traversent l'une l'autre sans s'empêcher; on comprend bien que quand nous voyons un objet lumineux, ce ne saurait être par le transport d'une matière qui depuis cet objet s'en vient jusqu'à nous, ainsi qu'une balle ou une flèche traverse l'air : car assurément cela répugne trop à ces deux qualités de la lumière, et surtout à la dernière. C'est donc d'une autre manière qu'elle s'étend et ce qui nous peut conduire à la comprendre, c'est la connaissance que nous avons de l'extension du son dans l'air.

« Nous savons que par le moyen de l'air qui est un corps invisible et impalpable, le son s'étend tout à l'entour du lieu où il a été produit, par un mouvement qui passe successivement d'une partie de l'air à l'autre, et que l'extension de ce mouvement se faisant également vite de tous côtés, il se doit former comme des surfaces sphériques qui s'élargissent toujours et qui viennent frapper notre oreille. Or, il n'y a point de doute que la lumière ne parvienne aussi depuis le corps lumineux jusqu'à nous par quelque mouvement imprimé à la matière qui est entre deux, puisque nous avons déjà vu que ce ne peut pas être par le transport d'un corps qui passerait de l'un à l'autre. Que si avec cela la lumière emploie du temps à son passage, il s'ensuivra que ce mouvement imprimé à la matière est successif et que par conséquent il s'étend ainsi que celui du son par des surfaces et des ondes sphériques ; car je les appelle ondes à la ressem-

blance de celles que l'on voit se former dans l'eau quand on y jette une pierre, qui représentent une telle extension successive en rond et seulement sur une surface plane[1]. »

L'hypothèse de Newton et celle de Huygens restèrent longtemps en balance. Chacune expliquait certains phénomènes, et en laissait d'autres en dehors de ses cadres. Une expérience de Thomas Young [86], celle des *interférences*, vint donner un grand avantage à l'hypothèse des ondulations. Deux faisceaux de lumière, empiétant l'un sur l'autre dans de certaines conditions, produisirent dans leur partie commune, non pas une lumière plus intense, mais au contraire des bandes obscures, que l'hypothèse de l'émission ne pouvait justifier. Celle des ondulations, au contraire, expliquait sans peine que des vibrations qui ne coïncidaient pas devaient se détruire réciproquement; et les nombreuses applications tirées par Young de son expérience fondamentale donnèrent un grand avantage à la théorie vibratoire.

Ce n'était cependant pas encore un triomphe définitif. Les phénomènes de la double réfraction et de la lumière polarisée[2] échappaient encore au système d'explication inventé par Huygens. Un des plus grands physiciens modernes, Augustin Fresnel, eut la gloire de parvenir à montrer que les vibrations d'un milieu éthéré suffisaient à en rendre compte, en admettant

1. Christian Huygens (1629-1695), *Traité de la lumière*, chap. I.
2. Voir, pour l'histoire complète des deux hypothèses de l'ondulation et de l'émission, Verdet, *Introduction* à la grande édition des œuvres de Fresnel; ou plus simplement les passages principaux de cette introduction cités dans les *Lectures scientifiques* de M. Gay (Hachette, 1891).

que ces vibrations, ordinairement placées dans n'importe quel plan, peuvent dans le cas particulier de la lumière polarisée s'effectuer toutes normalement à ce qu'on nomme le plan de polarisation. Le mémoire de Fresnel sur ce sujet, présenté à l'Académie des sciences en 1818, fut couronné à l'unanimité, et assura l'interprétation ondulatoire de la lumière, qui a dû récemment être compliquée pour rendre compte de certains effets photo-électriques et de leur discontinuité[1], mais qui jusqu'à présent ne saurait être remplacée. « Dans tous les cas, l'accord de l'expérience et de la théorie s'est maintenu et l'on a pu dire sans exagération que la théorie des ondulations prédit les phénomènes de diffraction aussi exactement que la théorie de la gravitation prédit les mouvements des corps célestes[2]. »

125. L'hypothèse de l'unité des forces physiques a fait naître encore d'autres assimilations de détail.

En premier lieu, on s'est avisé que la chaleur rayonnante pouvait bien être considérée, elle aussi, comme ne différant de la lumière qu'en tant que sensation. La chaleur rayonnante se propage, se réfléchit, se réfracte, se disperse en traversant un prisme exactement de la même manière et suivant les mêmes lois que le ferait

1. On a été conduit à supposer qu'outre ses ondes classiques, de longueur et de fréquence connues, chaque lumière contient aussi des *photons*, de nature encore mal définie, qui seraient pour ainsi dire des « grains d'énergie » émanant de la source, dont on ne peut suivre individuellement la trajectoire, mais dont les ondes définissent la répartition. Inversement, on a appliqué avec succès la mécanique ondulatoire à calculer le mouvement des électrons, ce qui introduit dans l'atome la *même* dualité. Toute cette théorie est en plein remaniement.
2. Verdet, *Introduction* aux œuvres de Fresnel.

un rayon lumineux. « Un rayon lumineux et un rayon calorifique simples pris dans la même région du spectre, le rouge, par exemple, ne peuvent être séparés ni par réfraction, ni par aucun phénomène connu. Bien plus, Masson et Jamin ont prouvé que si l'intensité du rayon lumineux est par une cause quelconque diminuée dans un certain rapport, par exemple par l'interposition de plaques de verre rouge imparfaitement transparentes, le rayon calorifique est réduit exactement dans le même rapport, comme le montrent les déviations de l'aiguille du galvanomètre.

« L'identité de toutes les propriétés de la chaleur rayonnante et de la lumière ne peut s'expliquer qu'en admettant que la chaleur rayonnante et la lumière sont un seul et même agent physique (radiation), qui se manifeste à nous par des effets différents suivant l'organe des sens qu'il impressionne ou, d'une façon plus générale, suivant les propriétés particulières du corps qu'il frappe [1]. »

126. Sous l'influence des succès de ce genre, on a également essayé de ramener les actions électriques à des mouvements d'une matière plus subtile que la matière sensible. L'idée en a été formulée par l'abbé Nollet, qui écrivait déjà dans ses *Leçons de Physique*, au milieu du XVIII[e] siècle :

« PROPOSITIONS FONDAMENTALES tirées de l'expérience et à l'aide desquelles on peut rendre raison de tous les phénomènes électriques connus jusqu'à présent.

1. H. PELLAT, *Cours de physique*, liv V, chap. VII.

« 1° L'électricité est l'effet d'une matière fluide qui se meut autour ou au dedans du corps électrisé.

« 2° Ce fluide n'est ni la matière propre du corps, ni l'air grossier que nous respirons.

« 3° Il y a tout lieu de croire que la matière électrique *est la même que celle du feu élémentaire et de la lumière* unie à quelque autre substance qui lui donne de l'odeur [1].

« 4° Cette matière est présente partout, dans l'intérieur des corps comme dans l'air qui les environne.

« 5° La matière électrique excitée ou mise en action se meut autant qu'elle peut en ligne droite et son mouvement ordinaire est un mouvement progressif *qui transporte ses parties.* »

La matière fluide ainsi définie par l'abbé Nollet, présente les propriétés essentielles de l'éther lumineux dont les phénomènes d'optique conduisaient par ailleurs à imaginer l'existence. Euler, dans ses *Lettres à une princesse d'Allemagne* [2] a longuement exposé les faits qui selon lui témoignaient de cette identité. Il explique par là la production de l'électricité dans le frottement, les aigrettes lumineuses qui apparaissent quand elle s'écoule, et même les attractions et répulsions électriques. — Cette brillante hypothèse, si favorablement reçue au XVIII[e] siècle, était peu à peu tombée dans l'oubli, quand la mesure précise des vitesses propres à la lumière et aux ondes électriques est venue lui apporter une nouvelle force : par une singulière coïnci-

1. On sait en effet que l'odeur particulière à l'électricité provient de l'ozone qu'elle produit.

2. EULER (1707-1783) né à Bâle, professeur à Saint-Pétersbourg, puis à Berlin, a écrit ces *Lettres* pour la princesse d'Anhalt, nièce de Frédéric II. — La théorie de l'éther électrique occupe les chapitres VII à XII de la troisième partie.

dence, ces vitesses se trouvaient identiques. L'importance du fait a été mise particulièrement en lumière par le professeur Maxwell [1], et la plupart des savants se sont rattachés de nouveau à cette opinion. La matière subtile dite éther, qui pénètre tous les corps et remplit mêmes les espaces interplanétaires, serait donc susceptible de deux mouvements : l'un, vibratoire, dont nous avons déjà parlé et qui correspond à la lumière ainsi qu'à la chaleur rayonnante; l'autre *progressif*, comme dit Nollet, qui consiste en une translation, et qui se manifeste par les courants électriques. Il est certain, cependant, que la solution ne sera pas aussi simple que l'espéraient les physiciens dans les dernières années du XIX^e^ siècle. La notion même d'*éther* est à réviser. Les nouvelles découvertes sur la constitution de la matière et sur les analogies des corpuscules avec l'électricité [118] faisaient faire sans doute, dans une autre direction, un grand pas vers l'unité; mais, sur ce problème particulier, elles amenaient une complication nouvelle qui n'est pas encore résolue.

127. Ainsi le son, la chaleur, la lumière, les ondes électriques sont susceptibles d'une transcription qui les ramène à une expression commune, en fonction

1. *Journal de physique*, 1873, t. II, 377. « Égalité des constantes numériques fondamentales de l'optique et de l'électricité » par M. Potier. La mesure de ces quantités a été refaite plusieurs fois depuis cette époque, notamment par MM. Blondlot, H. Pellat, Abraham, en France, et par plusieurs savants étrangers. Les résultats obtenus ont été de plus en plus favorables à l'hypothèse.

du mouvement, toujours essentiel, et d'une *différence* primitive dont ce qui paraît se rapprocher le plus parmi les phénomènes connus, est celui des charges électriques. Cette hypothèse est appuyée à l'intérieur par notre désir d'assimilation des choses entre elles, qui constitue la directive la plus générale de la raison; au dehors, par les succès qu'elle a obtenus dans l'expérience. On ne peut pas encore dire cependant qu'elle englobe tous les phénomènes observés : la gravitation par exemple, malgré beaucoup de tentatives, n'y a pas été intégrée; et la plus récente des hypothèses de cet ordre, celle de la relativité, qui consiste à postuler que les corps produisent autour d'eux une déformation de l'espace, n'est évidemment qu'une transformation analytique commode qui n'augmente pas l'unité des faits. Peut-être d'ailleurs le pur mécanisme est-il impuissant à représenter tout l'ensemble de ce que nous percevons, comme il l'est certainement à rendre compte des qualités sensibles et hétérogènes des choses; et peut-être, par la même raison, devons-nous arriver en définitive à des *data* que nous accepterons, mais que nous ne comprendrons plus. Car s'il suffit de connaître comment se passent les choses pour les *savoir*, on ne peut les *comprendre* qu'en y découvrant ce qu'elles ont d'identique, et cette réduction ne peut évidemment être réalisée d'une manière radicale, puisque dans ce cas tout se confondrait.

Aussi quelques savants contemporains préfèrent-ils concevoir cette unité des forces physiques sous une forme un peu différente, qu'on appelle l'*Energé-*

tisme [1]. Cette doctrine consiste à admettre qu'il n'existe qu'une seule réalité, l'énergie, qui n'est en soi ni chaleur, ni mouvement, ni action électrique, ni impénétrabilité ou élasticité, mais qui peut prendre tous ces aspects et passer de l'un à l'autre, de telle sorte que tous les phénomènes physiques, biologiques, (et même, selon quelques-uns, les phénomènes psychiques) ne sont que les divers aspects de cette action fondamentale. Il peut sembler au premier coup d'œil que cette unité est toute factice, et qu'elle ne réside que dans l'emploi d'un même mot pour désigner des choses différentes, en leur supposant un substratum métaphysique imaginaire. Mais il y a là quelque chose de plus, à savoir le fait positif que si nous mesurons chaque ordre d'action (cinétique, calorique, électrique, etc.) au moyen de son unité propre (kilogrammètre, calorie, watt, etc.), nous pouvons établir ensuite une équivalence entre ces différentes unités, de telle sorte que la disparition d'une quantité déterminée de l'une coïncide toujours avec l'apparition d'une quantité équivalente de l'autre, ou des autres. Elles peuvent donc à cet égard être toutes considérées comme des formes diverses d'une seule et même activité, et c'est d'ailleurs ce qu'ont toujours eu dans l'esprit les philosophes, depuis l'époque de Descartes, quand ils essayaient de les réduire toutes à la forme la plus simple d'entre elles et la plus facile à analyser,

1. Le principal défenseur de cette conception est W. OSTWALD, professeur de chimie à l'Université de Leipzig, qui l'a exposée surtout dans son livre *Die Energie* (1908; — trad. française, *l'Énergie*. Alcan, 1910).

le mouvement d'une masse. — Mais le point sur lequel l'énergétisme va plus loin, et risque à son tour une hypothèse nouvelle et hardie, c'est quand il suppose que la masse elle-même, la matière, *n'est aussi que de l'énergie* : énergie de forme, de volume, de résistance, etc. Vérifier cette hypothèse, ce serait trouver des cas où la masse des corps augmente ou diminue, des cas où la matière disparaît au profit de la chaleur, de la lumière ou de l'action électrique, ou réciproquement. Or, c'est là précisément ce que les physiciens considèrent comme plausible depuis la découverte des corps radio-actifs [118].

La dégradation de l'énergie.

128. Mais on se ferait une idée très fausse de la physique si l'on n'y considérait que ce qui persiste. Le monde change; *il change dans un sens déterminé*; et cela non seulement en ce qui concerne les faits biologiques ou sociaux, pour lesquels le point de vue historique s'est imposé de plus en plus au cours du XIX^e^ siècle [138], mais aussi en ce qui concerne les faits matériels, les phénomènes physiques et chimiques, qu'on avait considérés pendant longtemps comme invariables, indifférents à l'écoulement de la durée. La loi de cette transformation peut-être énoncée dans ses grandes lignes en disant que l'énergie bien qu'elle demeure en *quantité* constante, tend sans cesse à passer des formes les plus différenciées, les moins égalitaires, si l'on peut parler ainsi, aux formes les plus nivelées et les plus également réparties. Elle

tend par suite, à se distribuer de la façon la moins perceptible et la moins utilisable.

1° La moins perceptible : en effet, toute perception est la perception d'une différence. Si je touche un corps plus chaud ou plus froid que ma main, j'ai une sensation de température; si je touche un corps de même température, j'ai une sensation de contact et de résistance, mais point de sensation thermique. De même pour les variations de pression, d'état électrique, de résistance, etc. Un milieu qui laisse passer uniformément la lumière est invisible. On ne sent pas une odeur au milieu de laquelle on vit continuellement. — Donc, plus l'énergie est également répartie, moins il y a de choses perceptibles.

2° La moins utilisable : en effet ce que nous utilisons est toujours une inégalité d'énergie en train de s'uniformiser. La machine à vapeur ne fonctionne qu'en transportant de la chaleur d'un corps plus chaud à un corps plus froid; c'est même à propos de son fonctionnement que Carnot a découvert le principe qui porte son nom et qui, généralisé, a conduit à la grande hypothèse dont il s'agit. — Toute la vie à la surface du globe résulte du flot d'énergie que le soleil nous envoie et qui vient réchauffer des corps à température moins élevée, qui cèdent eux-mêmes ensuite leur chaleur au milieu ambiant. Les machines électriques, piles ou dynamos, n'agissent que par la tendance des potentiels à s'égaliser. La « houille blanche » doit sa valeur aux inégalités de niveau des eaux qui font marcher les turbines, et à leur poussée dans le sens de l'équilibre.

Toute la perception et toute l'industrie reposent donc sur ce double fait, d'une part que l'énergie tend à s'uniformiser, et de l'autre que la nature consiste en de grandes réserves d'inégalités, dont quelques-unes d'ailleurs se réparent en détournant à leur profit les effets d'une autre égalisation plus importante : tel est le cas de l'eau élevée par le rayonnement de la chaleur solaire, ou celui des arbres qui accumulent dans leur bois, sous la même influence, les énergies chimiques qu'ils libèreront à leur tour en brûlant.

Les formes d'énergie qui sont le plus condensées, ou qui constituent des actions dirigées et coordonnées, spécialisées en une certaine direction, comme la force vive, passent spontanément et totalement à des formes moins différenciées, comme la chaleur, qui est relativement isotrope et uniforme; et la réciproque n'est pas vraie : la chaleur ne se transforme jamais tout entière en mouvement coordonné des masses collectives. On peut ainsi définir, au moyen des constantes qui caractérisent l'état physique et chimique des corps, toute une hiérarchie des formes de l'énergie; et sans qu'il y ait ni augmentation, ni diminution de celle-ci, au point de vue de sa quantité, il se produit dans tout changement physique une sorte de chûte, de descente, assez analogue au phénomène présenté par un système mobile qui se met en mouvement de lui-même, tant que son centre de gravité peut descendre; qui reste au contraire indéfiniment en repos, quand celui-ci ne peut que monter.

C'est à cet ensemble de faits qu'a été donné le nom de *dégradation de l'énergie*, ou encore de *dissolution*

physique[1]. Elle peut-être mesurée dans beaucoup de cas par l'accroissement (toujours positif) d'une fonction qu'on appelle l'*entropie* (ἐντροπή, involution). Cet aspect de la physique a été longtemps méconnu, sous l'influence persistante des théories trop simplistes qui ne concevaient d'autre mécanique que la mécanique rationnelle classique, où tout est réversible et sans frottements. Mais il est aujourd'hui entré dans la science d'une façon définitive et n'y a pas une moindre importance que les principes de conservation.

Comment doit-il modifier notre vue du monde physique? Nous commençons à peine à former des conjectures sur cette question. Elle touche aux problèmes d'origine et de fin. Faut-il concevoir en arrière de nous, dans le passé, des états du monde toujours plus différenciés et inégalitaires, et cela jusqu'à l'infini? Doit-on au contraire admettre qu'à une certaine date, les lois actuelles ne s'exerçaient pas encore, qu'il y a eu quelque chose de tout à fait étranger à notre manière de penser, une sorte de création inexplicable ayant constitué les capitaux énergétiques qui se dépensent dans le monde que nous connaissons? Ou encore faut-il revenir à Lucrèce, et se représenter un fourmillement éternel et incoordonné d'atomes qui *par*

1. Ce nom vient de ce que *dissolution*, dans l'usage des philosophes anglais, de Spencer en particulier, est l'antithèse d'*évolution* (définie par lui le passage de l'homogène à l'hétérogène, la différenciation); et d'autre part il y a quelque ressemblance entre la diffusion de l'énergie et la diffusion d'un corps qui se dissout. Mais après avoir employé moi-même ce mot (*La dissolution*, Alcan, 1899), j'ai vu qu'il n'était pas sans inconvénients, et je crois préférable de dire *involution* ou *assimilation*.

hasard, aurait réalisé à un certain moment la différenciation sur laquelle nous vivons?

Des questions analogues se posent en ce qui concerne la fin. On peut admettre que l'équilibre s'établira, qu'un moment viendra où tout sera devenu chaleur, et la chaleur si bien égalisée qu'il n'y aura plus rien de perceptible. Après quoi, ce serait le règne éternel de l'identité, ou du néant matériel, au moins si les lois de la physique restent ce qu'elles sont. Quelques-uns ont essayé d'échapper à cette conclusion en admettant alors un changement quasi-miraculeux et que rien ne peut faire prévoir ni comprendre dans les actions physiques. D'autres — ceux-là même qui font de l'état de choses actuel le résultat d'un cas singulier, amené par les combinaisons éternelles de mouvements élémentaires incoordonnés — pensent qu'après une immense période d'agitation moléculaire uniforme, et suivant dans ses moyennes la loi des grands nombres, il pourra de nouveau se rencontrer une combinaison exceptionnelle, d'où renaîtra un monde pour une durée plus ou moins longue; d'autres enfin font remarquer que cette égalisation des énergies paraît marcher de plus en plus lentement, et que, par suite, l'état d'équilibre parfait qui serait la fin du monde est sans doute un état limite dont on approche en asymptote, et qui exigerait par conséquent un temps infini pour se réaliser... On voit quelles perspectives la modeste remarque de Carnot sur les machines à vapeur a ouvertes à l'imagination. Encore faudrait-il ajouter à ces considérations purement physiques toutes celles que suggère l'application du même principe aux

questions psychologiques et sociales : l'*assimilation* des intelligences est en effet une des caractéristiques du progrès des sciences, et la « marche à l'égalité » est un trait souvent remarqué dans les transformations des sociétés modernes. Il n'est pas impossible qu'on trouve dans cette voie une philosophie nouvelle et plus satisfaisante pour la raison, éliminant beaucoup de difficultés illusoires, et peut être reconnaissant, sous leur forme mythique, de grands pressentiments scientifiques dans les croyances et les traditions de l'antiquité.

L'analogie.

129. Au nombre des grandes hypothèses qui servent d'idées directrices dans l'étude de la nature, il est nécessaire de placer un principe qui a été tantôt exagéré au delà de toute mesure et tantôt complètement méconnu par les sciences, celui de l'analogie. Mais avant d'en venir à l'énoncé et à l'examen de ce principe, il faut d'abord éclaircir le sens du terme même d'*analogie*, que le langage courant a passablement obscurci en l'employant presque indifféremment comme synonyme de ressemblance, ou du moins de ressemblance partielle.

Si vous considérez — c'est le cas le plus simple — deux figures géométriques semblables, ou deux fractions arithmétiques proportionnelles, voilà un premier exemple d'analogie, le plus net, mais non pas le seul que considèrent les mathématiques. La symétrie en est une autre forme : les deux mains de l'homme ne sont ni identiques, ni égales, ni semblables; mais elles sont

cependant analogues, parce que chaque partie de l'une d'elles a son équivalent dans l'autre, bien qu'elles soient disposées en sens inverse. Cela est encore plus visible, pour ceux qui ont quelque habitude des mathématiques, dans une courbe ayant deux branches symétriques, l'une positive et l'autre négative.

Les sciences physiques présentent aussi des exemples de ce fait. En chimie, il existe des corps analogues, c'est-à-dire capables de se combiner avec un corps donné en produisant des séries de composés parallèles. En physique, le son est analogue à la lumière; car ils ont un caractère commun, la vibration, malgré la différence du milieu qui sert de véhicule à cette vibration. Aussi la même analogie se reproduit-elle dans la plupart de leurs lois : il y a une réflexion, une dispersion du son, comme une réflexion, une dispersion de la lumière; et le phénomène des battements ressemble si bien à celui des interférences, qu'il a donné lieu à Young de le découvrir. Mais c'est chez l'être vivant, et par conséquent dans les sciences naturelles, que l'analogie est remarquable et fréquente; malgré les différences, énormes à première vue, qui séparent un homme d'un oiseau, et celui-ci d'un poisson, la structure en est analogue : car ils sont tous composés d'une série de segments vertébraux placés à la file; ils ont tous une tête semblablement disposée à la partie antérieure de cette colonne, un tube digestif qui en parcourt toute la longueur, et une quantité d'organes qui se répondent chacun à chacun, ce qui est le fait essentiel de l'analogie.

Si nous cherchons en effet la définition commune,

reliant tous les cas où nous prononçons spontanément que deux choses sont *analogues* (et non pas seulement ressemblantes), nous trouvons que cette propriété consiste essentiellement dans une *identité de rapports* entre des termes matériellement différents et qui peuvent même n'avoir entre eux absolument rien de commun. La proportion mathématique et la similitude géométrique, par lesquelles nous avons commencé, sont donc bien le type le plus pur de l'analogie. Aussi faut-il louer les anciens mathématiciens d'avoir inventé pour les relations de ce genre un signe distinct et très général $a : b :: c : d$. L'habitude de considérer seulement des rapports de grandeur l'a fait peu à peu abandonner pour la notation plus particulière $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$. Mais cette manière d'écrire, toute spéciale aux grandeurs algébriques, cache un peu la notion générale de la similitude [1]. En mathématiques même, en effet, l'analogie ne se borne pas à la proportionnalité; nous avons déjà parlé de la symétrie; et de même encore, une figure géométrique qui se déforme suivant une loi quelconque, mais telle que la connaissance de cette loi la détermine entièrement pour chaque moment donné, restera toujours, selon cette définition, un analogue de la figure primitive.

Mais il n'existe pas seulement des rapports de position ou de quantité parmi les choses que nous connaissons; les rapports qualitatifs, en raison de notre nature

1. Les signes ÷ et ∺ s'emploient encore, du reste, pour désigner la progression arithmétique et la progression géométrique, qui sont de beaux types d'analogie.

émotive et perceptive, sont plus nombreux encore; et naturellement ils engendrent aussi des analogies. Une ruche est analogue à une fourmilière, une aile à un bras, un pétale de fleur à une feuille. Dans l'ordre psychologique, la faculté plastique qui crée une œuvre d'art est analogue presque de tout point à la force directrice qui préside à l'évolution d'un être vivant. « Les ouvrages de l'esprit sont, comme les enfants des hommes, conçus dans la volupté, menés à terme avec peine, enfantés dans la douleur. » Et pour aller plus loin encore, le langage ne témoigne-t-il pas, en des métaphores trop rebattues pour n'être pas fondées, que le savoir et l'ignorance sont dans le même rapport que la lumière et les ténèbres, la vérité et le mensonge analogues au droit et au tortueux?

130. La propriété fondamentale de l'analogie nous est enseignée par les mathématiques : dans toute analogie, *la connaissance de deux termes analogues et d'un terme isolé détermine l'analogue de ce terme*, avec une précision plus ou moins grande suivant la précision même des concepts en jeu, et qui peut passer par tous les degrés, depuis la rigueur parfaite de la similitude mathématique jusqu'au vague extrême des fuyantes analogies poétiques ou métaphysiques. Ainsi, de $a : b :: c : x$, je tire $ax = bc$; de l'analogie de Dieu et de l'homme (si on l'admet avec la Bible), on conclut à la providence particulière et aux intentions de la divinité. Et pour tenir le milieu entre deux exemples si éloignés, on sait quelles admirables reconstructions d'animaux a faites Cuvier, par son principe de

la corrélation des organes, et comment la découverte postérieure de ces animaux mêmes est venue démontrer l'exactitude de son raisonnement.

« L'anatomie comparée possède un principe qui, bien développé, est capable de faire évanouir tous les embarras : c'est celui de la corrélation des formes dans les êtres organisés, au moyen duquel chaque sorte pourrait à la rigueur être reconnue par chaque fragment de chacune de ses parties.

« Tout être organisé forme un ensemble, un système unique et clos, dont les parties se correspondent mutuellement et concourent à la même action définitive par une réaction réciproque. Aucune de ces parties ne peut changer sans que les autres ne changent aussi, et par conséquent chacune d'elles prise séparément indique et donne toutes les autres.

« Puisque ces rapports sont constants, il faut bien qu'ils aient une cause suffisante; mais comme nous ne la connaissons pas, nous devons suppléer au défaut de la théorie par le moyen de l'observation : elle nous sert à établir des lois empiriques, qui deviennent presque aussi certaines que les lois rationnelles, quand elles reposent sur des observations assez répétées; en sorte qu'aujourd'hui quelqu'un qui voit seulement la piste d'un pied fourchu peut en conclure que l'animal qui a laissé cette trace ruminait; et cette conclusion est tout aussi certaine qu'aucune autre en physique ou en morale. Cette seule piste donne à celui qui l'observe et la forme des dents, et la forme des mâchoires, et la forme des vertèbres, et la forme de tous les os des jambes, des cuisses, des épaules et du bassin de l'animal qui vient de passer. C'est une marque plus sûre que toutes celles de Zadig[1].

« Or, en adoptant ainsi la méthode de l'observation comme un moyen supplémentaire quand la théorie nous abandonne, on arrive à des détails faits pour étonner. La moindre facette d'os, la moindre apophyse ont un caractère déterminé relatif

1. *Zadig, ou de la Destinée*, roman philosophique de VOLTAIRE.

à la classe, à l'ordre, au genre et à l'espèce auxquels elles appartiennent; au point que toutes les fois qu'on a seulement une extrémité d'os bien conservée, on peut avec de l'application et en s'aidant avec un peu d'adresse, de l'analogie et de la comparaison effective, déterminer toutes ces choses aussi sûrement que si l'on possédait l'animal entier. J'ai fait bien des fois l'expérience de cette méthode sur des portions d'animaux connus, avant d'y mettre entièrement ma confiance pour les fossiles; mais elle a toujours eu des succès si infaillibles que je n'ai plus aucun doute sur la certitude des résultats qu'elle m'a donnés[1]. »

131. Cette propriété de détermination, inhérente à l'analogie, explique une de ses plus importantes applications, le *symbole*, ou système de signes organisés pour représenter par leurs rapports entre eux les rapports d'autres objets absents ou impossibles à percevoir [8]. Prenons un exemple : les notes écrites sur la portée sont le symbole de la musique réelle, qu'on ne pourrait écrire. Pourquoi? parce que chacun des éléments entrant dans la musique est représenté par un élément correspondant de la notation; élevez une note, il faudra élever aussi le point noir qui la représente; augmentez-en la durée, il faudra transformer la croche en noire ou la noire en blanche; changez le ton, il faut changer la clef. Et réciproquement, chacune de ces modifications, quand elle est faite, suffit à déterminer la modification correspondante qui lui a donné naissance. De sorte qu'à première vue, et sous la seule condition de savoir la *loi d'analogie* qui relie la musique à sa notation, il nous suffit d'avoir une partition

1. G. CUVIER (1769-1832), *Discours sur les révolutions du globe*, p. 62 et suiv. — F. Didot, éd.

sous les yeux pour nous représenter les airs ou les accords qu'elle contient [42]. — Le même rapport existe entre l'écriture et la parole, le langage et la pensée. Dans un autre ordre d'idées, Saturne peut être considéré comme le *symbole* du temps, parce que son nom grec présente cette signification et que tous les caractères de sa légende, comme l'a montré Buttmann [1], correspondent à chacun à des caractères de ce concept. Aussi, pour exprimer le rapport d'analogie, disait-on au XVII^e^ siècle qu'une chose *symbolisait avec* une autre; l'on peut regretter que ce terme très précis soit tombé en désuétude, ou tout au moins se soit restreint au sens actif et particulier, où l'on dit qu'une ancre symbolise l'espérance ou que la patrie est symbolisée par le drapeau.

132. Le sens et les propriétés fondamentales de l'analogie étant ainsi déterminés, reste la question la plus importante pour la direction de nos hypothèses scientifiques : quelle place tient l'analogie dans l'univers?

Elle existe à coup sûr, tant dans les œuvres des hommes que dans celles de la nature. Elle est même extrêmement répandue, à n'en juger que par les exemples que nous en avons trouvés dans les sciences et les arts les plus divers. Ajoutons enfin que, sauf dans les mathématiques, dont l'objet est rigoureusement homogène, nous ne concluons jamais du même au même, mais seulement de l'analogue à l'analogue : car si les rapports entre l'oxygène et l'hydrogène qui se combinent restent les mêmes, les atomes n'en sont pas moins

1. JACOBI, *Dictionnaire mythologique*, art. SATURNE.

différents dans chaque cas particulier où nous faisons la synthèse de l'eau. Toutes les lois physiques et naturelles sont donc en définitive des analogies, c'est-à-dire l'expression de rapports identiques entre des termes différents, et notre croyance à l'existence des lois de la nature implique ainsi la croyance à une certaine espèce d'analogie.

Mais n'y a-t-il pas, dans le monde, des analogies plus larges que celle-là? Ici commencent les hypothèses.

Une doctrine très ancienne, dont l'origine se perd dans les époques obscures des vieilles civilisations orientales, affirme que le monde est formé d'un certain nombre de règnes superposés les uns aux autres, et reliés par la loi de l'analogie; la matière propre à chacun d'eux est différente, mais les rapports et les lois en restent les mêmes, de sorte qu'il est possible d'établir entre eux des correspondances, et par ces correspondances de s'éclairer sur les points qui nous en sont directement inaccessibles. Le monde céleste, le monde moral, le monde matériel reproduiraient ainsi la même symphonie dans des tons différents, dont l'ensemble formerait l'harmonie totale des choses. Pythagore, au témoignage de Simplicius, et Platon sont les plus anciens représentants de cette opinion, du moins parmi les philosophes que nous connaissons; car eux-mêmes la donnent comme une révélation traditionnelle qu'ils ont apprise en Égypte ou en Asie. Les néoplatoniciens, et surtout les gnostiques des premiers siècles chrétiens, y ont attaché une très grande importance. De même, au moyen âge, les alchimistes, dont les idées ont été souvent bien supérieures aux œuvres. Ils

considéraient les correspondances analogiques des différents mondes comme la clef essentielle du grand œuvre, la transmutation des métaux; et la *Table d'émeraude*, le plus célèbre des ouvrages hermétistes, commence par cette formule où il est aisé de reconnaître le principe de l'analogie : « Ce qui est en haut est comme ce qui est en bas, ce qui est en bas est comme ce qui est en haut, pour l'accomplissement d'une même fin [1] ». A la Renaissance enfin, les noms de Jacob Boehme, de Paracelse, et des deux van Helmont témoignent assez du crédit de cette opinion.

133. Descartes discrédita beaucoup cette conception du monde par les attaques de son *Discours de la Méthode* contre les sciences du moyen âge, et surtout par son système du mécanisme universel. Le XVII[e] et le XVIII[e] siècle, à ne les voir que dans leur ensemble, l'ont suivi dans cette voie. Il est pourtant assez curieux de remarquer combien notre langage courant a gardé la trace des théories d'autrefois sur les analogies et les correspondances des divers mondes : le métal *Hg* s'appelle encore mercure, comme la planète qui lui correspond dans le monde sidéral; l'extrait de Saturne contient du plomb, qui passe pour l'analogue de cette planète; les médecins parlent souvent d'un remède martial, pour désigner une préparation à base de fer, métal symbolique de Mars. Les sept jours de la semaine ont conservé de tout temps les noms des sept corps célestes auxquels ils correspondent suivant l'astro-

1. Hœfer, *Histoire des sciences physiques*, p. 353, 354.

logie; et dans les tables météorologiques on les désigne presque toujours par le signe même de leur planète. Bien plus, dans les caractères mêmes des hommes, les désignations anciennes se retrouvent souvent : témoin le tempérament *lunatique* qui est censé répondre aux propriétés de la lune, et le caractère *jovial*, qui serait, paraît-il, celui des hommes nés sous Jupiter. — Les exemples en seraient faciles à multiplier.

134. Leibniz, qui n'ignorait aucune de ces doctrines, les ayant étudiées avec François-Mercure van Helmont, en conserva l'idée principale dans sa philosophie. Mais elle se bifurqua pour ainsi dire, et donna naissance chez lui à deux conceptions distinctes, l'une métaphysique et l'autre scientifique. Au point de vue métaphysique, sa théorie de l'harmonie préétablie ou des accords est pénétrée de l'idée d'analogie; elle porte en effet que toute monade, ou substance créée, contient en soi-même la représentation claire ou obscure de l'univers tout entier, de telle manière qu'il suffirait d'en connaître pleinement une seule pour ne rien ignorer de l'ensemble des choses. Tout être est donc un microcosme, un abrégé du tout; et cette qualité que le moyen âge réservait à l'homme seul se trouve étendue à toutes les substances créées, et même à Dieu, dont l'intelligence résume aussi le monde. Dès lors tous les êtres sont analogues dans leur développement; c'est même, selon Leibniz, cette seule analogie qui produit l'action apparente et phénoménale des substances les unes sur les autres.

Mais dans l'ordre aussi de ces apparences, c'est-à-

dire dans la science expérimentale et non plus dans la métaphysique, l'analogie se manifeste également. Leibniz en a résumé les cas les plus frappants dans une formule qui mériterait d'être plus connue : « Les composés symbolisent avec les simples[1] ». Quatre rectangles égaux, convenablement réunis, forment un rectangle semblable à chacun de ceux dont il se compose. La même loi se retrouve fréquemment dans la nature : un rameau d'un arbre, avec toutes les brindilles qui s'en détachent, reproduit les dispositions et les formes essentielles de l'arbre tout entier. Mais dans les espèces animales surtout l'analogie est frappante : tout être vivant est une société, toute société est un être vivant. Les physiologistes ont démontré par l'anatomie, par la physiologie, par l'histoire naturelle des animaux inférieurs, que les animaux supérieurs n'étaient que des colonies très centralisées, et des sociétés animales pourvues d'un excellent gouvernement. Parallèlement, les philosophes découvraient que l'État est un individu, une personne morale, suivant la formule énergique du *Contrat social* [105], et qu'ainsi cellule, homme, nation étaient des exemplaires d'un même type, l'individualité, — mais tirés en des proportions différentes. On ne peut guère imaginer un plus bel exemple de l'analogie des simples et des composés.

« Si l'on examine de plus près ce que deviennent les lois que nous venons d'exposer (les lois de l'organisation) quand on les applique aux sociétés les plus élevées du règne animal, on ne tarde pas à voir qu'elles prennent un aspect nouveau

1. Leibniz (1646-1716), *Monadologie*, th. 61.

sans changer complètement de nature. A mesure en effet qu'on s'éloigne des commencements de la vie, on voit les groupements d'êtres vivants s'accomplir, non plus sous l'influence des forces physico-chimiques ou des excitations physiologiques, mais sur l'invitation de penchants de plus en plus ressentis et d'attraits de plus en plus remarqués. On passe insensiblement du dehors au dedans, d'un jeu de mouvements plus ou moins compliqués (la vie est-elle autre chose?) à une correspondance de représentations et de désirs, à la conscience. Encore une fois, si on examine les rapports de ces phénomènes, rien n'est changé. Ils se groupent suivant les mêmes lois que les éléments de l'organisme et n'ont, comme les phénomènes vitaux, pas d'autre but que la conservation et le développement de l'être collectif : mais ces phénomènes qu'une même harmonie enchaîne ne sont plus de même ordre.

« En passant d'un ordre à l'autre, le consensus organique devient solidarité, l'unité organique figurée dans l'espace devient conscience invisible, la continuité devient tradition, la spontanéité du mouvement devient invention d'idées, la spécialisation des fonctions prend le nom de division du travail, la coordination des éléments se change en sympathie, leur subordination en respect et en dévouement, la détermination elle-même des phénomènes devient décision et libre choix.

« Corrigeant donc notre première définition[1], nous dirons que la société est, il est vrai, un être vivant, mais qu'il est avant tout constitué par une conscience. Une société est une conscience ou un organisme d'idées. Nous échappons par là à un reproche mérité par plusieurs sociologistes, celui d'expliquer un mode d'existence supérieur par le mode d'existence inférieur. Au lieu d'essayer de rendre compte de la conscience par l'organisme matériel, nous serions plutôt tenté d'expliquer l'organisme matériel par la conscience. Car toute explication part de nous-mêmes et consiste à pro-

1. La société est un être vivant.

jeter la lumière saisie au clair foyer de l'esprit sur l'obscurité croissante qui nous environne.

« En effet, tout être offre deux aspects : d'un côté, il est une suite de phénomènes se succédant suivant une loi ; de l'autre, il est une virtualité efficace d'où ces phénomènes émanent incessamment. Il soulève donc deux sortes de questions : comment, selon quel mode nous apparaît-il et se manifeste-t-il à nous? Les secondes se résument en cet autre : qu'est-il? par quel état de notre moi pouvons-nous nous le représenter dans l'intimité de sa nature? Les premières questions ont donné naissance à la physique, prise dans son sens le plus général et la réponse a été depuis Descartes en s'éclaircissant de plus en plus. Les secondes questions ont donné naissance à la Métaphysique, et comme nous ne pouvons nous représenter l'intérieur d'un être que par notre conscience, la Métaphysique a été de tout temps, et est plus que jamais, malgré les apparences, idéaliste. Avec Aristote, avec Leibniz, elle a même été jusqu'à prêter notre nature aux existences évidemment aveugles et inconscientes comme les forces inanimées [1]. Mais si c'est là une belle témérité, ce n'est pas ceux à qui elle sourit qui se plaindront de nous voir, sans rien retrancher de plus aux lois du mécanisme que ne l'a fait l'auteur du Système des Monades, définir la société même animale, par son analogie avec la conscience humaine.... Et non seulement la conscience est pour nous quelque chose de réel, mais elle est plus réelle que tout le reste, et prête à tout le reste sa réalité [2]. »

135. Il existe d'autres cas aussi curieux d'analogie,

1. Il y a dans cette phrase quelque exagération : les noms seuls de ces deux grands savants, auxquels on en pourrait ajouter beaucoup d'autres, font assez voir que l'hypothèse de l'inconscience des forces naturelles n'est pas aussi *évidente* qu'elle peut sembler au premier coup d'œil.

2. A. Espinas, professeur à la Faculté de Bordeaux, puis à la Sorbonne : *Les Sociétés animales* ; Félix Alcan, éditeur. Conclusion, § 2, *passim*, p. 527-537.

qui peuvent à la rigueur rentrer dans la formule de Leibniz, mais qui sont caractérisés par la simplification spontanée de phénomènes complexes, et quelquefois, ce qui est plus remarquable encore, par leur réversibilité.

Une plaque photographique est exposée dans la chambre noire d'un appareil. Elle reçoit, sous l'influence des rayons lumineux, une action mécanique très compliquée, et qui cependant ne se manifeste pas tout d'abord. Une autre action chimique, celle du révélateur, non moins complexe que la première, est encore nécessaire pour en achever l'effet. Et quand toutes ces actions se sont produites et combinées, voilà qu'il apparaît un résultat simple, l'image de l'objet qui tout à l'heure se peignait sur la plaque exposée. Cela semble-t-il trop ordinaire? Prenez certaines précautions spéciales, ayez une couche sensible bien uniforme et pure, une surface réfléchissante par derrière; opérez comme précédemment; et par un mécanisme d'optique naturel, merveilleux de complication dans son détail et de simplicité dans son résultat, vous verrez précisément reparaître en chaque point de la plaque la couleur qui l'avait impressionnée [1]. La physique et la chimie sont remplies de phénomènes qui « réussissent » semblablement; la reproduction de la voix par le phonographe, entre autres choses, est particulièrement frappante à cet égard.

Ces cas, dans lesquels la cause symbolise avec l'effet à travers tant de changements intermédiaires, où l'analogie semblerait devoir se perdre, nous amènent à la

1. Expérience de M. Lippmann.

forme extrême de cette propriété, la réversibilité des phénomènes. Vous attelez ensemble deux machines dynamo-électriques, et vous actionnez l'une d'elles avec la main; l'autre se met en mouvement par l'électricité qu'elle reçoit. Vous prenez le récepteur comme moteur, le moteur comme récepteur : même phénomène en sens inverse. Ceci est intéressant, mais nous y suivons encore assez bien les transformations de l'énergie, les attractions et les répulsions en jeu, qui finissent par mettre en branle tout l'appareil. Mais prenons deux machines de Holtz et relions-les de la même manière; le même phénomène se produit; il nous est déjà tout à fait difficile de l'expliquer. Allons plus loin encore, et considérons deux téléphones de Bell, du modèle primitif, sans piles, et cherchons à comprendre ce qui va s'y passer. Je parle devant une des plaques vibrantes : l'aimantation du barreau central de l'électro-aimant est modifiée, donc l'état du circuit électrique tout entier. Voilà notre autre poste en mouvement, sa plaque vibrante va osciller à son tour. Quel son rendra-t-elle en exécutant ce mouvement? — Avant l'expérience faite, qui aurait pu en prédire le résultat? A peine les plus hardis auraient-ils supposé que la hauteur des sons se transmettrait intacte, les actions électriques étant d'une extrême rapidité par rapport aux vibrations sonores. — Eh bien, les sons ont été transmis à leur hauteur, ce n'était rien; les voyelles, avec la complexité d'harmoniques qui les caractérisent, ont été reproduites; ce n'était rien encore, malgré la complication d'ondes électriques diverses que toutes ces actions devaient

faire naître dans un seul fil. Mais le beau de l'expérience, c'est que les articulations des consonnes, qui exigent toute la machinerie du gosier, du palais, de la langue et des dents, sont devenues vibrations d'acier, action magnétique, courant électrique, action magnétique de nouveau, et finalement encore vibrations d'une autre plaque d'acier, pour ressortir presque telles qu'elles étaient à leur entrée dans l'appareil, à peine modifiées par une sonorité un peu spéciale, où se retrouve même pourtant encore le timbre de la voix primitive!

L'analogie est donc très fréquente dans les phénomènes organiques et inorganiques. Il n'y a pas lieu de s'en étonner si l'on pense, avec la plupart des savants et des philosophes, que toutes choses peuvent se ramener à des expressions géométriques; l'analogie n'est autre chose en effet que la correspondance terme à terme de deux ensembles, qui est une des notions, mathématiques fondamentales. S'il est vrai que, selon le mot de Platon, Dieu soit l'éternel géomètre, l'analogie serait dans le monde la marque la plus visible des calculs du grand architecte. — Mais si le rôle en est facile à constater, il est difficile à renfermer dans une formule. Dire avec Leibniz que les composés symbolisent avec les simples, ou même ajouter que les causes symbolisent avec les effets, c'est dire à la fois trop et trop peu : trop, parce que cela n'est vrai ni de tous les effets, ni de tous les composés; trop peu, parce que l'identité des rapports entre des termes différents, qui est proprement l'analogie, se rencontre

bien ailleurs que dans les phénomènes de causalité ou de composition. Cette idée doit donc nous servir plutôt d'incitation à la recherche que de moyen de découverte; il est bon de songer à elle, dans la « chasse de Pan » [76] comme le chasseur, l'attention tendue, songe au gibier caché qui doit se trouver dans la plaine. Sans doute, nous ne devons jamais nous fonder sur elle seule pour tirer une conclusion quand il s'agit de faits complexes; le proverbe dit avec sagesse que comparaison n'est pas raison, et les analogies de la forme ne prouvent rien sur le fond. Mais il ne faut pas oublier non plus qu'à moins d'un grand hasard, et bien peu fréquent, toute découverte scientifique se fait par hypothèse; et rien n'est plus propre à faire surgir des hypothèses que la préoccupation habituelle des lois communes aux choses petites et grandes, qui souvent s'éclairent l'une par l'autre[1]; les mouvements du système solaire ont suggéré les premières conceptions de mécanique intra-moléculaire; les faits de la vie organique nous aident à comprendre certains aspects des faits politiques et sociaux, et réciproquement l'observation des sociétés, humaines et animales, a joué un grand rôle dans la formation des idées modernes sur l'association des cellules dans les corps vivants, sur la « division du travail » biologique, sur les réactions de défense des organismes, etc. Aussi devons-nous donner une attention particulière aux analogies que nous pensons apercevoir, même entre phénomènes qui paraissent de nature très différente.

1. Voir Pétrovitch, *Mécanismes communs aux phénomènes disparates*. (Alcan, 1921).

Hypothèses spéciales au système solaire ou à notre planète.

136. Les hypothèses que nous venons d'étudier sont les plus larges et les plus fécondes parmi celles qu'ont émises les sciences. Il en est d'autres qui méritent une mention. Telles sont celles qui se rapportent à l'histoire de la Terre et des êtres qui l'habitent. Sans doute, ces dernières sont fort peu générales au sens propre du mot; mais elles nous intéressent par leur proximité; et nous tenons nous-mêmes si peu de place dans le temps et dans l'espace, au moins corporellement, que de telles constructions sont encore bien vastes pour nous. « D'ailleurs, dit éloquemment Élisée Reclus, ce petit globe n'est-il pas, aussi bien que le ciel, un véritable cosmos par l'arrangement de ses parties et la suprême harmonie de l'ensemble? Cette planète imperceptible n'est-elle pas, à un certain point de vue, aussi grande que l'univers, puisqu'elle est l'expression des mêmes lois? Par la forme de son orbite, ses divers mouvements autour du soleil et autour d'elle-même, par la succession des jours et des saisons, par tous les phénomènes que gouvernent les grandes lois cosmiques, la terre devient le représentant des mondes : en elle nous étudions tous les astres[1]. »

« L'origine de la terre est perdue dans la nuit de notre ignorance. Parmi les hommes d'étude, aucun ne peut se sentir autorisé à nous-dire comment la planète s'est formée bien que de nouveaux astres naissent continuellement dans

1 Elisée Reclus, *la Terre*, I, 2. Hachette, éditeur.

l'immensité des cieux. Le télescope a servi uniquement à constater l'apparition de ces corps célestes, sans nous en révéler le mode de formation. Seulement une fois, en décembre 1845, les astronomes ont eu le bonheur d'assister au partage d'une comète, celle de Biéla, de voir l'astre se ployer, puis se rompre et constituer deux noyaux de grandeur différente, cheminant dans l'espace à la suite l'un de l'autre. Mais ce fait unique ne donne pas le droit d'imaginer le même mode de formation pour tous les globes du ciel, et d'affirmer que les étoiles et les planètes se produisent ainsi par une sorte de dédoublement ou de gemmiparité.

« L'hypothèse qui de nos jours est la plus accréditée et celle qui après avoir été proposée par le philosophe Kant, et développée par Herschel, a été reprise et magnifiquement appuyée par Laplace dans l'*Exposition du Système du monde*. Et telle est l'autorité de l'illustre géomètre, que son hypothèse est considérée à tort par un grand nombre de personnes comme un fait scientifique parfaitement démontré.

« Laplace suppose en premier lieu que l'espace dans lequel se meut aujourd'hui le système solaire était occupé par une matière cosmique gazeuse, d'une haute température et d'une dilatation extrême, comparable à celle des gaz les plus raréfiés. Rayonnant incessamment autour d'elle et perdant ainsi de son calorique au profit des espaces qui l'entouraient, l'énorme nébuleuse devait se condenser peu à peu autour d'un point central destiné à devenir un jour le soleil. Attirées les unes vers les autres, les molécules de gaz n'obéissaient pas seulement au mouvement de condensation, elles étaient aussi entraînées dans une immense ronde autour de l'axe du système. La déperdition du calorique et la concentration de la masse sphéroïdale, qui en était la conséquence, avaient pour résultat d'augmenter la vitesse de rotation. En même temps la force centrifuge s'accroissait en proportion, et sous l'influence de cette force, la masse atmosphérique, s'aplatissant aux deux pôles, prenait graduellement la forme d'un disque. Enfin, l'attraction qui avait retenu les molécules de la circonférence, et les avait

empêchées de s'échapper dans l'espace, était contre-balancée par la force centrifuge; et tandis que la plus grande partie de la masse gazeuse continuait à se condenser autour du noyau central, la zone extérieure sollicitée à la fois par les deux forces opposées cessait de modifier sa distance relativement à l'axe du sphéroïde et prenait la forme d'un bourrelet circulaire ou d'un anneau tournoyant.

« D'autres anneaux, détachés de la masse rétrécie, s'isolaient successivement de la même manière en continuant de décrire autour du soleil leur mouvement de rotation. Dans l'hypothèse, ces anneaux étaient les futures planètes du système solaire.... Tout en s'amincissant à cause de la perte lente de leur calorique, les corps annulaires gardaient leur forme pendant une série d'âges, plus ou moins longs; mais dès que, par suite d'une perturbation astronomique, un de leurs segments devenait plus dense que les autres, celui-ci exerçait une force d'attraction sans cesse grandissante, rompait à son profit la zone de matière gazeuse et la condensait autour de lui en atmosphère concentrique. La planète nouvelle prenait, sous l'empire des lois de la rotation, une forme sphéroïdale analogue à celle de l'astre qui lui avait donné naissance : grâce à la force d'impulsion première de ses molécules, son mouvement était devenu double; elle continuait sa révolution autour du soleil et commençait à tournoyer sur son axe.

« Ainsi, selon les idées de Laplace, le système planétaire tout entier aurait, dans les âges passés, fait partie du soleil. L'astre, uniquement composé de molécules gazeuses beaucoup plus légères que l'hydrogène, aurait englobé dans sa rondeur énorme tout l'espace où les planètes, y compris Neptune, décrivent aujourd'hui leurs orbes immenses. Le diamètre du sphéroïde solaire eût alors été 6 500 fois plus considérable qu'il ne l'est de nos jours, et son volume eût dépassé d'environ 860 milliards de fois le volume actuel. De même, la terre, avant de se refroidir et de se solidifier, aurait compris la lune dans ses limites, et son diamètre aurait été près de six fois supérieur au diamètre actuel de

la planète Jupiter; mais, vague, aérien, notre globe n'aurait encore eu qu'une vie cosmique impersonnelle : c'est en se solidifiant, en durcissant sa croûte, qu'il aurait commencé sa véritable existence.

« Mais l'hypothèse émise par Laplace, il ne la présentai lui même qu'avec « défiance » [1], et personne n'a le droit d'être plus facile que ce grand géomètre. En effet, ses conjectures n'expliquent point la forme elliptique des orbites planétaires et l'inclinaison de leur axe; elles sont en outre démenties par le mouvement rétrograde des satellites d'Uranus et de Neptune, ce qui donne à croire que la rotation de ces planètes elles-mêmes se fait dans le même sens. En outre, les deux satellites de Mars tournent autour du soleil plus rapidement que leur planète, ce qui est également contraire à l'hypothèse de Laplace [2]. Les nébuleuses de gaz lumineux, qui semblent fournir un puissant argument en faveur de l'hypothèse, se montrent en tourbillons et en groupes de formes les plus bizarres; plusieurs d'entre elles sont variables, et le télescope nous les fait voir successivement sous des aspects très divers... La célèbre et séduisante hypothèse de Laplace n'a donc pas rendu compte des phénomènes observés. L'esprit humain, affamé de certitude, se laisse facilement entraîner à prendre de simples conjectures pour des vérités absolues, et ce n'est pas la moindre vertu du philosophe que de savoir douter. Quand le chercheur n'est pas sûr d'avoir trouvé le vrai, qu'il ose reconnaître son ignorance et rester courageusement sur le seuil du monde inconnu !

1. *Exposition du système du monde*, p. 450. — Une hypothèse nouvelle, plus vraisemblable, a été conçue par M. Emile Belot, et constitue un retour partiel aux idées cartésiennes qu'avait discréditées Newton. C'est l'hypothèse *dualiste*, dans laquelle la naissance du système solaire serait due à la rencontre d'une nébuleuse relativement amorphe et d'un tourbillon de forme ellipsoïdale (étoile géante) qui aurait pénétré comme un projectile dans cette nébuleuse en lui imprimant un mouvement giratoire et en l'entraînant avec lui dans l'espace (translation et rotation du système solaire). Cette hypothèse, qui permet de déduire beaucoup de faits inexpliqués dans l'hypothèse de Laplace, est développée dans le livre de M. Émile Belot, *L'origine dualiste des mondes, essai de cosmogonie tourbillonnaire*, un vol. in-8°, Gauthier-Villars, 1911. On en trouve une exposition abrégée et très lucide dans la *Revue du Mois* de février 1909. L'auteur y a apporté quelques modifications, dont nous tenons compte dans le résumé précédent, et en a tiré récemment de nouvelles conséquences dans l'*Origine des formes de la Terre*, *Ibid.*, 1918.

2. Faye, Acad. des sciences, 15 mars 1880. (Il y a ici un lapsus dans le texte de Reclus. Faye dit que l'un de ces deux satellites fait le tour *de la planète* en trois fois moins de temps que celle-ci n'en met à tourner sur son axe. *Comptes Rendus*, p. 569.)

137. « Une autre hypothèse se rattache à la brillante théorie astronomique de Laplace et la continue pour raconter la formation de l'enveloppe planétaire. Une fois l'anneau gazeux condensé en globe, il n'aurait cessé de se contracter par l'effet du rayonnement de calorique. Devenue liquide à cause du refroidissement graduel de ses molécules, la masse entière se serait changée en une mer de laves tourbillonnant dans l'espace; mais cet état lui-même n'aurait été qu'une transition. Après un nombre indéfini de siècles, la déperdition de chaleur eût été assez forte pour qu'une légère scorie se formât comme un glaçon à la surface de la mer de feu, peut-être sur un de ces pôles où le froid fait naître aujourd'hui les banquises et les montagnes de glace. A cette première scorie en aurait succédé une seconde, puis d'autres encore; elles se seraient unies en continent flottant à la surface des laves, et finalement elles auraient recouvert d'une couche continue tout le pourtour de la planète. Une mince enveloppe solide aurait emprisonné l'immense mer incandescente.

« D'après la théorie généralement professée, quoique purement hypothétique, la croûte achèverait à peine de se former, elle serait même beaucoup plus mince que la couche des airs enveloppant le globe, car, suivant les évaluations communes, c'est de 35 à 40, ou tout au plus à 50 kilomètres au-dessous de la surface du globe, que la chaleur terrestre

serait assez forte pour fondre le granit [1]. Comparée au diamètre de la terre, qui est 250 fois plus considérable, cette enveloppe ne serait donc qu'une pellicule ténue, dont une mince feuille de carton, entourant une sphère liquide d'un mètre de largeur, peut donner une idée. Dans la terre, ce liquide serait une mer de laves et de roches fondues ayant, comme l'océan superficiel, ses courants, ses marées, peut-être ses orages. Les révolutions géologiques du globe ne seraient autre chose que le contre-coup des ondulations souterraines de cet enfer caché, les montagnes de porphyre, de diorite, d'ophite, seraient les rides figées de cet océan de feu, et les grands géants placés au bord des mers, l'Etna, le pic de Teyde, le Mauna Loa, témoigneraient, par leurs éruptions et leurs laves, des tempêtes qui grondent au-dessous de l'enveloppe solide. Telle est l'hypothèse qui, depuis son premier auteur, le célèbre Empédocle [2], a été le plus souvent proposée par les savants.

« L'argument principal de ceux qui considèrent l'existence du feu central comme un fait démontré, est que, dans les couches extérieures de la terre explorées par les mineurs, la chaleur ne cesse de s'accroître avec la profondeur des cavités. En descendant au fond d'un puits de mine on traverse invariablement des zones d'une température de plus en plus haute : seulement le taux de la progression varie avec la circulation de l'air et des eaux dans les puits de mine, et suivant les diverses roches dans lesquelles sont creusées les galeries. La chaleur s'accroît plus rapidement dans les schistes que dans le granit, dans les veines de métal plus que dans les schistes, dans les filons de cuivre plus que dans l'étain, et dans les couches de houille plus que dans les gisements de métaux [3]. En Wurtemberg, au puits artésien de Neuffen, la température s'accroît d'un

1. *Cosmos* de Humboldt; Studer, *Physikalische Geographie*, t. II, p. 37, etc.
2. Georges Perrot, *Revue des Deux Mondes*, 15 décembre 1870.
3. Fox, Gilbert, Reich von Dechen, cités par Bischoff dans sa *Wärmelehre*.

degré centigrade par intervalle de 10 mètres et demi. Dans une mine de Monte Masi, en Toscane, près des sources boraciques, l'augmentation de chaleur est d'un degré par 13 mètres. Presque partout la progression est moins rapide : la moyenne de l'intervalle qui, dans ce grand thermomètre des couches terrestres, correspond à un degré de chaleur, est de 25 à 30 mètres. Dans les mines de Saxe, l'accroissement serait, d'après Reich, de 1 degré par 42 mètres; dans les mines de houille, en Angleterre, Lupton a trouvé 32 mètres pour l'équidistance des degrés de température. Au milieu du tunnel de Modane, l'endroit le plus profond que l'homme ait encore creusé au-dessous de la surface, puisque la masse surincombante des roches n'a pas moins de 1 600 mètres d'épaisseur, la température de la roche est seulement de 27 degrés centigrades, c'est-à-dire que l'augmentation de la chaleur, du col supérieur au tunnel, ne dépasse pas un degré par 60 mètres [1], ou même par 73 mètres; mais évidemment les conditions naturelles de la roche ont été complètement changées par le percement du souterrain. La mine exploitée la plus profonde qui existe maintenant est celle de Pribram, en Bohême; elle a plus de 1 000 mètres, et dans les assises inférieures, la chaleur des roches, qui est de 23 à 24 degrés, ne s'accroît guère que d'un centième de degré par mètre [2]. Dans un puits creusé à Saint-Louis du Missouri (1 172 mètres), la plus forte température se fait sentir à 923 mètres de surface. Plus bas, la chaleur diminue légèrement, quoique pourtant elle dût être augmentée par l'effet de la seule pression de l'eau. Mais l'expérience a-t-elle été faite dans des conditions qui puissent donner toute confiance [3]? La terre n'a pas encore été fouillée à une bien grande profondeur. Les excavations les plus remarquables ont à peine dépassé un kilomètre; le sondage le plus profond, celui de Sperenberg, en Prusse, a 1 700 mètres, c'est-à-dire la quatre millième partie du rayon terrestre : ce

1. Ansted et King, *Ausland*, n° 43, 1870.
2. Frantz Rzika, *Geographische Gesellschaft zu Wien*, 1875.
3. *Commission of underground temperature*, 1870, Belfast.

serait donc plus que de l'imprudence de vouloir juger de l'état de tout l'intérieur du globe par la température des couches superficielles et d'affirmer que la chaleur, accrue suivant une proportion constante, de la surface du sol au centre de la terre, s'y élève à la température de 200 000 degrés, c'est-à-dire bien au delà de tout ce que peut concevoir l'imagination. Autant vaudrait conclure du refroidissement graduel des hautes couches aériennes que l'abaissement de température se continue jusqu'au milieu des espaces célestes, et qu'à 1 000 kilomètres de la terre le froid est de 5 000 degrés. La partie superficielle du globe, que traversent incessamment des courants magnétiques se dirigeant de pôle à pôle, et dans laquelle s'élaborent tous ces phénomènes de la vie planétaire qui modifient sans relâche le relief et la forme des continents, se trouve dans des conditions particulières. Un fait très remarquable est que le feldspath, ce minéral si important dans la composition des roches, présenterait des phénomènes optiques tout différents s'il avait été soumis à une température de plus de 600 degrés. Une forte chaleur n'a donc pas été nécessaire pour la formation des roches feldspathiques, porphyre ou granit, que l'on croyait jadis avoir jailli comme un fleuve de feu de l'immense fournaise intérieure [1]. »

Le transformisme et l'évolution.

138. Tout le monde connaît l'histoire de l'hypothèse transformiste. Les doctrines philosophiques, métaphysiques même qu'elle a fait naître sont à la mode; et c'est la raison principale qui rend nécessaire de les exposer les unes et les autres, pour éviter une confusion très fréquente, et très nuisible à la philosophie des sciences, physiques ou morales

1. Elisée Reclus, *La Terre*, I, 16-26.

A ne juger les choses que par l'expérience, il y a dans le monde un certain nombre d'espèces animales et végétales qui ne souffrent aucun croisement durable, n'ont pas d'intermédiaires entre elles, et conservent chacune leur type avec une remarquable immutabilité : car toutes les images anciennes d'animaux ou de plantes correspondent parfaitement aux formes encore existantes. De même, géologiquement, nous voyons des faunes et des flores de types distincts se succéder par variations brusques, entre lesquelles l'observation ne nous fournit aucun intermédiaire.

Il est certain que ce n'est pas très satisfaisant pour la raison. Cependant les anciens, très fidèles aux faits, malgré la grande liberté qu'ils se donnaient en métaphysique, admirent en général que la nature ou Dieu avaient produit un certain nombre de types spécifiques et les conservaient indéfiniment. Cette création est formellement enseignée dans la Bible, et confirmée par le récit de l'arche de Noé; et même les philosophes qui passent aujourd'hui pour transformistes, comme Lucrèce, disaient seulement que dans la jeunesse du monde, la terre avait engendré une foule d'animaux de toutes formes, parmi lesquels ceux qui étaient bien constitués ont pu seuls se reproduire et « propager leur espèce », ce qui suppose bien l'existence de types, ou d'espèces stables et déterminées. mais ce qui ne l'explique en aucune façon [1].

1. Hoc ubi quæque loci regio opportuna dabatur,
Crescebant uteri terram radicibus apti....
Quare etiam atque etiam maternum nomen adepta
Terra tenet merito, quoniam genus ipsa creavit
Humanum atque animal prope certo tempore fudit
Omne, quod in magnis bacchatur montibu' passim.

139. Buffon, le premier, a eu l'audace de rompre en visière aux faits observés, pour soutenir que peut-être les espèces qui ne varient plus maintenant ont varié autrefois, et qu'ainsi les plus voisines d'entre elles peuvent dériver d'une source commune, modifiée par des causes accidentelles de milieu, de nourriture, de climat, quelquefois de domestication.

Pour hardie que fût l'hypothèse, elle était séduisante. Lamarck la reprit et la développa. Darwin en fut le grand vulgarisateur[1]. Son livre l'*Origine des espèces*

Aeriasque simul volucres variantibu' formis.
Sed quia finem aliquam pariendi debet habere,
Destitit, ut mulier spatio defessa vetusto.
LUCRÈCE, liv. V, vers 804-824.

1. En ce qui concerne les *causes* qui produisent cette transformation, la doctrine de Darwin est assez différente de celle de Lamarck. Ce dernier accordait une grande efficacité à l'*effort* des individus, à l'exercice, à la transmission héréditaire des adaptations acquises par ces moyens. Darwin, au contraire, considérait la sélection naturelle comme le grand facteur de ces changements. « Comme il naît beaucoup plus d'individus qu'il n'en peut vivre, disait-il, et comme en conséquence la lutte se renouvelle souvent entre eux au sujet des moyens d'existence, il s'ensuit que si quelque être varie, si légèrement que ce puisse être, d'une manière qui lui soit personnellement avantageuse sous des conditions de vie complexes et souvent variables, il aura toute chance de survivre et sera ainsi naturellement élu (*selected*). De plus, il suit des puissantes lois de l'hérédité que toute variété élue aura une tendance à propager sa forme nouvellement modifiée... Je suis donc convaincu que les espèces ne sont pas immuables, mais que toutes celles qui appartiennent à ce qu'on appelle le même genre sont la postérité directe de quelque autre espèce généralement éteinte; de la même manière que les variétés reconnues d'une espèce quelconque descendent en droite ligne de cette espèce. Enfin j'ai l'opinion que le mode principal, mais non pas exclusif de leurs modifications successives, est la *sélection naturelle* » *Origine des espèces*, Introduction, p. 21 et 23

était l'œuvre d'un savant consciencieux, difficile pour lui-même autant et plus que pour les autres, accumulant les objections à sa propre thèse. Mais tandis que les savants l'étudiaient et réservaient leur jugement, les polémistes s'en firent une machine de guerre contre les croyances religieuses; ce qui fit sa fortune. Il faut lire pour s'en rendre compte la préface enthousiaste et surtout passionnée contre le christianisme, dont un disciple a fait précéder sa traduction française de ce livre : malgré les timides réserves de Darwin, la Bible a reçu son coup de grâce[1]. — Il est toujours malheureux pour la science de servir d'arme pour ou contre la religion : les uns furent scandalisés et ne voulurent rien entendre, les autres triomphèrent sans critique comme s'ils eussent trouvé le secret de la vie. Le maître avait été plus sage. Il ne prétend pas expliquer d'où vient le premier animal, père de tant de familles diverses. Il croit que « tous les animaux et toutes les plantes dérivent de quatre ou cinq types primitifs »; peut-être même d'un seul, si l'on veut, bien que ce soit aller un peu loin dans les hypothèses[2]; mais il se garde d'entrer dans la question profondément obscure des générations spontanées. Il ne traite pas de l'ori-

1. « C'est en vain que M. Darwin proteste que son système n'est en aucune façon contraire à l'idée divine; sa théorie, bien que pouvant être très religieuse, est néanmoins foncièrement et irrémédiablement hérétique.... J'avouerai même qu'à mon point de vue, et partant d'une disposition d'esprit plus spéculative qu'empirique, M. Darwin ne me semble pas assez hardi. Est-ce par prudence qu'il ne va pas jusqu'au bout de son système, qu'il s'arrête au milieu de la chaine de ses conséquences? » (C.-A. ROYER. préface à la trad. de l'*Origine des espèces*).

2. *Origine des espèces*, chap. XIV, § I.

gine des êtres vivants, mais seulement de l'origine des espèces, c'est-à-dire de leurs différences; et quand la suite naturelle des idées l'amène à remonter plus haut, il admet simplement avec la tradition que la vie a été créée par Dieu, comme toute autre force de l'univers[1]. Le transformisme, en résumé, est donc seulement l'hypothèse de la mutabilité des types animaux et végétaux sous l'influence des circonstances, du milieu, de l'hérédité; et de leur perfectionnement par la sélection naturelle, c'est-à-dire par la survivance des mieux organisés.

140. Du transformisme est sorti le système de l'évolutionnisme. Voici la différence. Le transformisme s'arrête dans l'explication des formes animales ou végétales à un certain type, rapproché ou éloigné, simple ou complexe, peu importe. En un mot il respecte le principe aristotélicien : Ἀνάγκη στῆναι, si bien commenté par Pascal, dans son *Esprit géométrique* [59]. L'évolution, au contraire, affiche la prétention d'être une explication *totale* de l'univers; c'est un système du monde offert à notre foi plutôt qu'une hypothèse scientifique soumise à notre critique.

« L'histoire complète d'une chose doit la prendre à sa sortie de l'imperceptible et la conduire jusqu'à sa rentrée dans l'imperceptible. Qu'il soit question d'un seul objet ou de tout l'univers, une explication qui le prend avec une forme concrète et qui le laisse avec une forme concrète est incomplète, puisqu'une époque de son existence connaissable reste sans histoire, sans explication....

1. *Ibid.*, chap. XIV, § V et VI.

« Cette connaissance générale que les hommes acquièrent touchant le passé et l'avenir des choses qui nous entourent, la science l'a étendue et ne cesse de l'étendre. A la biographie de l'homme pris comme individu, elle ajoute une biographie intra-utérine qui le prend à l'état de germe microscopique, et elle poursuit les changements qui s'opèrent en lui jusqu'à ce que son corps soit réduit aux produits gazeux de la décomposition. Elle ne s'arrête pas à la peau du mouton ni au cocon du ver à soie, mais elle reconnaît dans la laine et la soie des matières azotées que le mouton et le ver ont empruntées aux plantes. Elle rattache la substance des feuilles de la plante et celle du bois dont nos meubles sont faits aux gaz et aux minéraux assimilés que le végétal puise ceux-là dans l'air, ceux-ci dans le sol. Elle recherche l'origine de la couche d'où les pierres de nos maisons ont été tirées, et elle trouve que cette couche était autrefois un sédiment mou déposé dans un estuaire ou au fond de la mer.

« Si donc le passé et le futur de chaque objet constitue une sphère de connaissance possible, et si le progrès intellectuel consiste en grande partie, sinon principalement, à étendre nos possessions dans ces domaines du passé et du futur, il est évident que nous n'aurons pas acquis toute la connaissance dont notre intelligence est capable tant que nous n'aurons pas, d'une manière ou d'une autre, exprimé *tout le passé* et *tout l'avenir* de chaque objet et de l'agrégat des objets[1]. »

Cette explication totale de l'univers se trouve dans l'*évolution*. Dans le langage courant, ce mot a le sens le plus vague; il s'applique à n'importe quel changement, pourvu qu'il ne soit ni brusque ni violent : les plantes, les animaux, les sociétés évoluent; les traditions, les modes, les arts, les sciences, tout de même; et l' « évolution des genres » est un thème fréquent

1. HERBERT SPENCER, *les Premiers Principes*, II, chap. XII.

dans la critique moderne. Mais M. Spencer, du moins pour débuter, l'a entendu d'une façon plus précise : « L'évolution est une intégration de matière accompagnée d'une dissipation de mouvement, pendant laquelle la matière passe d'une homogénéité indéfinie et incohérente à une hétérogénéité définie et cohérente, et pendant laquelle aussi le mouvement retenu subit une transformation analogue [1] ». Au commencement était la nébuleuse, comble de l'indétermination et de l'homogénéité. Elle s'est concentrée; des parties distinctes se sont formées; les planètes se sont séparées du soleil et ont engendré leurs satellites : première évolution. Sur le petit globe de la terre, le sec et l'humide se sont séparés, la mer a rempli les bas-fonds, des montagnes se sont dressées au-dessus des continents, l'atmosphère a enveloppé le tout d'une couche de gaz respirables : seconde évolution. Des masses vivantes se sont formées sur les côtes, ont subi des influences variées, se sont différenciées, ont donné naissance aux espèces multiples des animaux et des plantes. La sélection naturelle a fait survivre les meilleurs, c'est-à-dire les plus résistants et les mieux adaptés à la vie qu'ils devaient mener. L'hérédité a maintenu la fixité des types produits et des modifica-

1. Herbert Spencer, *les Premiers Principes*, 2e partie, chap. xvii. — Cette formule, qui termine le chapitre et résume tous les développements précédents, exige quelques explications. L'*intégration* est la concentration ou la condensation de la matière. La *dissipation* du mouvement n'est pas sa destruction, mais sa sortie de la matière considérée, pour devenir au dehors rayonnement ou mouvement de translation du tout. C'est ainsi qu'un morceau de fer rouge qui se refroidit, se contracte en dépensant autour de lui, sous forme de lumière et de chaleur, le mouvement moléculaire qu'il contenait.

tions acquises. Ainsi s'est accomplie la troisième phase de l'évolution, qui a couvert la terre des faunes et des flores préhistoriques, puis actuelles.

141. Telle est la loi essentielle des changements dans le monde physique; elle demeure la même dans le monde moral, bien qu'il faille alors l'entendre métaphoriquement, puisqu'il n'y a plus, dans des idées, ni matière, ni masse, ni translation, ni mouvement moléculaire.

La pensée est l'œuvre de la nature, réalité fondamentale d'où tout dérive. C'est elle qui produit sans cesse dans l'organisme de l'homme des « chocs nerveux » inexplicablement ressentis par son esprit, et qui sont l'élément unique, homogène, dont la différenciation donnera peu à peu toutes nos sensations, toutes nos facultés, tous nos principes. Par une expérience dont l'origine se perd dans les époques géologiques, mais dont la sélection et l'hérédité conservent les effets, l'âme finit par reproduire en son intérieur toutes les lois de cette Nature qui l'a formée. En elle-même, elle n'était rien, car elle n'avait aucune détermination propre, aucune nature, aucune loi. Elle se trouvait absolument indifférente à recevoir toute forme et toute empreinte, page blanche où rien n'était écrit. Elle existait cependant, puisque la Nature a pu féconder son incompréhensible néant. A force d'expériences réitérées, nous avons appris que le contraire du vrai était faux, que les mouvements se succédaient dans le temps et coexistaient dans l'espace, que toute qualité appartenait à quelque substance et que rien ne se

passait qui n'eût une cause; et toutes ces propositions, gravées dans le vide de notre pensée par la force régulière et supérieure du milieu qui nous enveloppe, nous ont enfin semblé, malgré leur contingence réelle, des principes évidents et rigoureux reposant sur des lois nécessaires de la pensée et régissant *a priori* toute notre science.

Cette nature créatrice, qui a fait la raison de l'homme, a fait aussi sa vertu. La morale n'est qu'un cas particulier de la *conduite universelle*. L'être vivant en effet, quel qu'il soit, ne cherche et ne doit chercher que la jouissance : « Il est impossible de nier que ce qui est bon ne se confonde universellement avec ce qui procure du plaisir [1] ». Mais par sa constitution l'homme doit vivre en société; cette condition lui rend les autres nécessaires et le force par conséquent à s'occuper d'eux. De là naissent les sentiments altruistes, vieille habitude héréditaire que nous finissons par prendre pour un ordre d'en haut, un impératif catégorique et absolu. Mais cette illusion même ne sert pas à grand' chose; nous ne l'aurions pas que le monde irait toujours son train : la disposition en est si parfaite que par la seule combinaison de la lutte pour la vie et de la sélection naturelle, l'égoïsme demeure le grand ressort qui rend meilleure l'humanité. Que chacun cherche son propre intérêt bien compris et s'efforce d'être le plus fort : au travers des violences de la guerre et des douleurs plus cruelles encore qu'engendre la concurrence industrielle, cette guerre de tous les in-

1. Herbert Spencer, *les Bases de la morale évolutionniste*, chap. III

stants, le bien doit fatalement sortir du mal, et le mieux du bien : « Le progrès est une nécessité bienfaisante [1] ».

142. Si nous avons exposé tout ce système philosophique, très populaire de nos jours, mais qu'on pourrait trouver déplacé dans un ouvrage sur les sciences, c'est seulement pour montrer combien il diffère de la savante et méthodique hypothèse de Darwin [2], avec laquelle on le confond trop souvent. Bien qu'il enferme de grandes vérités — et quel système n'en contient pas? — il est impossible d'accepter qu'il représente les conclusions du savoir moderne. A côté de la sévère critique exercée par les maîtres de la science sur leurs propres conceptions, dès qu'elles dépassaient les bornes du raisonnement rigoureux ou de l'expérience précise, cette audace d'imagination et ce monument de conjectures perdent leur prestige. Admettons, si l'on veut, que la construction soit grandiose, comme on le dit volontiers; encore faut-il reconnaître qu'elle est moins frappante

1. Herbert Spencer. *Essai sur le progrès.*

2. Il faut cependant reconnaître que, chez Darwin lui-même, il y a quelques passages où l'idée de sélection naturelle est considérée avec cet optimisme qui a produit de si tragiques effets dans l'ordre moral et politique. Le plus célèbre est la conclusion même de *L'Origine des Espèces* : « C'est ainsi que de la guerre naturelle (*the war of nature*) de la famine et de la mort résulte directement l'objet le plus élevé que nous puissions concevoir : la production des animaux supérieurs. Il y a quelque chose de grandiose à penser que la vie, avec ses diverses facultés, a été originellement insufflée par le Créateur à quelques formes seulement, ou même à une seule; et que, pendant que notre planète continuait à décrire indéfiniment son orbite, il s'est développé et il se développera encore, à partir de cette origine si simple, un nombre indéfini de formes nouvelles, de la plus grande beauté et de la plus merveilleuse structure. »

par la profondeur de ses conceptions que par l'immensité des temps et des espaces qu'elle déroule devant nous. Elle nous éblouit en faisant reculer la nécessité des explications dans un passé si formidablement lointain que nous nous sentons découragés de les y poursuivre, en même temps qu'elle ruine toute certitude absolue et rigoureuse en réduisant la raison à l'empirisme le moins critique. Du point de vue de la philosophie morale, cette conception du monde est fausse; et de plus, elle s'est montrée puissamment malfaisante. Le maintien de la civilisation et le progrès social reposent sur *l'entr'aide*[1], non pas sur la lutte des individus entre eux. Sans doute Spencer, dans sa morale pratique, a fort atténué les conséquences qui résulteraient naturellement de son évolutionnisme. Il a introduit une foule de facteurs restrictifs, qui atténuent l'idée dangereuse de considérer la *lutte pour la vie* comme une règle de conduite. Mais en fait l'ensemble de son œuvre, comme celle de Haeckel en Allemagne, et malgré des réserves analogues, n'en a pas moins servi dans une large mesure à vulgariser ce faux idéal, et à justifier les pires pratiques de la concurrence commerciale et politique. Il s'est traduit, dans la vie courante, par un développement avoué de l'arrivisme et de la mauvaise foi dans les affaires; il a fourni non seulement une excuse, mais une apologie

1. Voir P. KROPOTKINE, *L'entr'aide, facteur de l'évolution*, trad. française de L. Bréal, revue par l'auteur. (Le texte original est en anglais.) In-18 jésus, Hachette, 1906. Il ne s'agit pas, bien entendu, de nier l'existence de la lutte pour la vie, mais de montrer combien *l'accord pour la vie* s'est montré une règle de conduite d'efficacité supérieure dans les sociétés humaines, et même dans quelques sociétés animales.

aux tendances égoïstes et anti-sociales des individus : ils s'en sont vantés comme d'une obéissance intelligente aux lois de la nature, et ont méprisé la morale courante comme une superstition et une faiblesse. La philosophie de Nietzsche, a dit non sans profondeur un humoriste italien, n'est au fond qu'une transformation dithyrambique du naturalisme évolutionniste. — Entre nations, cette théorie a favorisé largement la diffusion des idées impérialistes, le rêve d'une conquête de la Terre, d'une hégémonie mondiale aboutissant au bonheur organisé sous la direction d'un peuple supérieur. Elle a servi de base au culte de la guerre absolue, suprême moyen de sélection entre les peuples. Quelle est l'impuissance pratique, mais aussi quel est l'effet réel de ces doctrines, on l'a vu en 1914. L'Empire allemand, dont le pangermanisme en était imprégné, a risqué cette gigantesque expérience : la guerre « fraîche et joyeuse », le mépris de tout scrupule juridique, l'emploi le plus large des destructions et des violences, systématiquement présentées comme une application rationnelle de la lutte pour la vie. Et qu'en est-il résulté? Un désastre universel, ruinant l'Europe, y mettant en péril toute l'œuvre intellectuelle, morale et économique de la civilisation.

Dans un autre domaine, cette interprétation pseudo-scientifique des idées darwiniennes a beaucoup contribué à répandre le dogme marxiste de la *lutte des classes* : lutte efficace, elle aussi, pour provoquer une révolution, pour détruire au besoin un régime économique défectueux, mais incapable par elle-même de faire naître un monde meilleur, car elle ne contient

aucun élément de vie ni de progrès; elle n'aboutirait, au milieu de crises douloureuses, qu'à l'épuisement des ressources sociales et au rétablissement de la barbarie[1].

Même en France, où les idées de fraternité sociale et humaine ont pourtant gardé le plus d'influence dans l'éducation et dans l'esprit public, la doctrine erronée et simpliste du *Struggle for life* a pourtant jeté de longues racines. On voit des écrivains à demi philosophes faire appel à l'individualisme évolutionniste comme à une loi sacrée de la nature. Il serait à souhaiter qu'un effort énergique fut fait par tous ceux qui pensent, pour débarrasser à fond la conscience commune de ces banalités faussement scientifiques, et pour montrer que ni l'égoïsme individuel, ni l'esprit de race, de caste ou de classe, ni les ententes pour l'exploitation du client, ni l'impérialisme politique, n'ont aucun droit à se justifier au nom des lois générales du progrès humain.

1. Pour éviter toute équivoque, ajoutons que l'idéal qu'on doit opposer à la « lutte des classes » n'est pas, comme on le dit quelquefois, la « collaboration des classes », formule qui ne définit rien de nouveau, et qui peut servir à consacrer tous les abus, mais la *disparition graduelle des classes*, par la diminution des inégalités d'origine sociale. Ce mouvement est celui que nous montre réellement l'histoire : que l'on songe aux anciennes *castes* héréditaires, et même que l'on considère combien le « niveau de vie » d'un magistrat et celui d'un ouvrier se sont rapprochés depuis cent ans. Voir *La Dissolution*, ch. v, § 95-99 et ch. vii, § 160-161.

CHAPITRE VII

LES SCIENCES ET LA RAISON

La raison. — Les principes rationnels. — Principe d'identité. — Principe de substance : conservation de la masse. — Principe de causalité : conservation de l'énergie. — Le temps et l'espace. — Principe des sciences morales : la raison pratique. — Nature et limites de l'explication scientifique.

La raison.

143. A moins de nier l'existence de la pensée, du jugement, du raisonnement, on est bien obligé d'admettre qu'ils ont des lois; car ce qui serait absolument indéterminé, sans nature propre et sans règles, n'aurait aucune réalité. Par conséquent, au lieu de tirer de l'observation des objets de la pensée, des généralisations toujours chancelantes et douteuses, il est une autre voie vers l'unification de nos connaissances, abstraite comme les mathématiques, et dominant comme elles l'ensemble des autres représentations; elle consiste à chercher dans la pensée même les règles fondamentales qui dirigent son travail, et par suite s'appliquent à tout ce qui peut être connu, du moins pour un esprit fait comme celui de l'homme. Et

même, si nous remarquons qu'une pensée différente de la nôtre par sa nature, qui ne distinguerait pas le vrai du faux, identifierait les contraires, ou admettrait des effets sans cause, ne garderait rien de ce que nous nommons « pensée », nous aurons le droit de conclure que les lois de notre esprit sont les lois de l'esprit, et de ne pas nous préoccuper de cette soi-disant intelligence différente de la nôtre, et dont il ne sert à rien de s'embarrasser.

L'ensemble des lois de l'esprit s'appelle la *Raison*; on dit ordinairement qu'elle est innée ou *a priori*. Cela est vrai, mais à condition d'être expliqué. Ces lois ne sont pas plus antérieures à l'expérience que les vergeures ou le filigrane d'un papier ne sont antérieurs à ce papier. Cependant ils ne proviennent pas de la pâte qui a servi à le faire; pour les prévoir et savoir d'avance quelle en sera la disposition, c'est la machine qu'il faut regarder et non la matière. De même pour notre raison. Avant d'avoir pensé, nous ne *savons* pas que le contraire du vrai est faux; nous ne *savons* pas que toute modification suppose un principe qui l'explique. Mais cela nous saute aux yeux dès que nous réfléchissons sur notre pensée, sans que nous ayons besoin de répéter et de comparer les observations qui donnent naissance à de pareils jugements : ils sont certains dès qu'ils sont formés; ils sont même les seuls absolument certains, puisque toutes les autres vérités, ou probabilités scientifiques ne sont reconnues pour telles que dans la mesure où elles satisfont à ces besoins fondamentaux de l'esprit.

144. On pourrait cependant soulever ici l'objection des sceptiques anciens : est-il sûr que les conséquences logiques tirées par notre esprit soient toujours vérifiées par la réalité? Ne pourrait-il pas se faire qu'un jour, après avoir compté séparément deux piles de vingt écus, le compte total nous donne cependant, en dépit de l'arithmétique, une augmentation ou un déficit inexplicables? Ne pourrait-il pas se faire que l'ingénieur qui construit un pont, après avoir expérimenté, mesuré, calculé d'une façon irréprochable la résistance de ses matériaux, vît son œuvre s'écrouler le jour de l'inauguration? Évidemment un pareil doute, une fois posé, est irréfutable par la logique. Mais de tels sceptiques ne se trouvent guère. « La nature, dit Pascal, les réfute à défaut du discours. » S'ils se présentaient, personne n'hésiterait à parier contre eux à n'importe quelles conditions qu'à moins d'un escamotage cent francs resteront cent francs, et qu'un pont bien construit ne tombera pas en ruines sans raison. Et même, supposez qu'il s'écroule, nous tiendrions-nous pour battus? Nous affirmerions alors sans hésiter qu'il y avait une erreur dans le calcul, ou un défaut dans le fer, dont on n'avait pas tenu compte, et qui a produit cet effet; tant est ferme notre confiance dans l'application de la raison aux choses de ce monde, et dans la vérité de ce grand principe : il n'y a pas de phénomène illogique. On peut toujours nier verbalement les principes de n'importe quelle science sans courir le risque d'être réfuté, puisqu'en définitive toute démonstration part d'axiomes indémontrables [59]; mais l'évidence vaut encore mieux que la démonstration. Les scolastiques

disaient avec raison qu'on ne doit pas discuter *adversus negantem principia*; voilà le bon parti : il ne faut raisonner qu'avec les gens qui croient à la raison[1] [100]. Le propre de celle-ci est de représenter le droit commun des esprits. Si on voulait chercher, au delà des formules qui l'expriment actuellement pour nous, l'idée directrice qui les anime, et pour ainsi dire le secret de la raison, on le trouverait sans doute dans l'effort des intelligences, multiples et fragmentaires, pour réaliser ce que les philosophes ont souvent appelé l'*Esprit*, c'est-à-dire l'unification de ces pensées individuelles, et leur identification avec les choses, qui sont l'objet même de la pensée. De sorte que l'affirmation de la raison, en tant qu'existence idéale d'une identité virtuelle, et conçue comme une « limite » mathématique, est une sorte de décision primordiale qui constitue la société des esprits, et qu'on ne peut rejeter sans s'annuler soi-même en tant qu'être pensant. Sans doute les principes particuliers par où s'exprime cette raison, à chaque époque, sont susceptibles de progrès : mais on ne les dépasse qu'en s'appuyant sur eux et en rendant leur formule plus adéquate.

145. Remarquons d'autre part que l'on ne pourrait pas réfuter les sceptiques en faisant appel à l'expérience; car elle n'est elle-même qu'une série de faits, très certains sans doute, mais dépourvus en soi de toute

1. Il n'est ici question, bien entendu, que de l'usage immanent des principes de la raison, dans le monde phénoménal. La possibilité d'en user pour connaître les choses en soi est une autre affaire.

autorité pour ce qui concerne l'avenir. Pour en tirer un jugement universel, pour conclure de ce qui s'est passé hier à ce qui se passera demain, il faudrait précisément faire un raisonnement, c'est-à-dire s'appuyer sur les principes de la raison. J'observe mille fois dans les circonstances les plus variées, que les corps s'attirent en raison directe de leurs masses. Ai-je le droit d'en conclure qu'il en sera encore de même la mille et unième fois?

Si nous n'avons pas ce droit, il n'y a plus de science; et, en fait, de quelque manière qu'on interprète l'opération logique par laquelle nous étendons à l'avenir les observations du passé, personne ne la refuse.

Si nous avons ce droit, c'est que nous jugeons que mille uniformités successives ne peuvent pas provenir du hasard, mais prouvent l'existence d'une loi. L'expérience peut-elle nous l'avoir appris? Non, car alors même que nous aurions vu toute notre vie le mille et unième phénomène se produire comme les mille premiers, quand ils ont été réguliers, la même difficulté logique surgirait : cela continuera-t-il? Il est en question de savoir si le passé garantit l'avenir, et l'on apporte en preuve des observations qui invoquent l'autorité du passé pour les choses futures; le cercle vicieux est indéniable. Ou bien nous admettons tout de suite que les phénomènes ont des lois fixes, que ce qui a toujours été sera toujours, et ce principe dépasse l'expérience; ou, si nous le refusons pour une observation spéciale, nous ne pouvons pas l'invoquer davantage pour l'observation générale de la régularité des phénomènes. — Ainsi toute philosophie empirique, qui

prétend fonder la certitude de raison sur l'observation pure et simple des faits, donne gain de cause au scepticisme, et supprime la rigueur et la certitude de la science[1].

146. La raison est donc le nerf de toutes les sciences et le seul fondement solide où nous puissions nous appuyer pour juger, voire même simplement pour comprendre ce qui nous apparait. Les mathématiques reposent sur un ensemble d'obligations logiques dont l'évidence n'a pas besoin du contrôle des faits, et même ne peut jamais le recevoir entièrement. Les sciences expérimentales fondent toute leur méthode sur une vérité conçue par notre esprit comme certaine, et beaucoup plus forte que toutes les preuves et toutes les vérifications.

« Les faits seuls sont réels, nous dit-on, et il faut s'en rapporter à eux d'une manière entière et exclusive. « C'est un « fait, un fait brutal, répète-t-on encore souvent; il n'y a pas « à raisonner, il faut s'y soumettre. » Sans doute, j'admets que les faits sont les seules réalités qui puissent donner la formule de l'idée expérimentale et lui servir en même temps de contrôle; mais c'est à la condition que la raison les accepte. Je pense que la croyance aveugle dans le fait qui prétend faire taire la raison est aussi dangereuse pour les sciences expérimentales que les croyances de sentiment ou de foi qui, elles aussi, imposent silence à la raison. En un mot, dans la méthode expérimentale comme partout, *le seul critérium réel est la raison*[2].

1. Ce n'est pas à dire que l'unique méthode de la science doive être le *raisonnement*. La raison ne trompe pas; mais on fait souvent des fautes en raisonnant. Il est donc très important de se tenir près des faits et de vérifier fréquemment ses conclusions.

2. En italique dans le texte.

« Un fait n'est rien par lui-même, il ne vaut que par l'idée qui s'y rattache ou par la preuve qu'il fournit. Nous avons dit ailleurs que, quand on qualifie un fait nouveau de *découverte*, ce n'est pas le fait lui-même qui constitue la découverte, mais bien l'idée nouvelle qui en dérive; de fait même, quand on prouve, ce n'est point le fait lui-même qui donne la *preuve*, mais seulement le rapport rationnel qu'il établit entre le phénomène et sa cause. C'est ce rapport qui est la vérité scientifique...

« Rappelons-nous comment nous avons caractérisé les vérités mathématiques et les vérités expérimentales [87]. Les vérités mathématiques une fois acquises, avons-nous dit, sont des vérités conscientes et absolues, parce que les conditions *idéales* de leur existence sont également conscientes et connues par nous d'une manière absolue. Les vérités expérimentales, au contraire, sont inconscientes et relatives, parce que les conditions *réelles* de leur existence sont inconscientes et ne peuvent nous être connues que d'une manière relative à l'état actuel de notre science[1]. Mais si les vérités expérimentales qui servent de base à nos raisonnements sont tellement enveloppées dans la réalité complexe des phénomènes naturels qu'elles ne nous apparaissent que par lambeaux, ces vérités expérimentales n'en reposent pas moins sur des principes qui sont *absolus* parce que, comme ceux des vérités mathématiques, ils s'adressent à notre conscience et à notre raison. En effet, le principe absolu des sciences expérimentales est un déterminisme nécessaire et conscient dans les conditions des phénomènes. De telle sorte qu'un phénomène naturel, quel qu'il soit, étant donné,

1. Définition fort remarquable au point de vue philosophique, car elle établit nettement une distinction nécessaire à la science sans rien préjuger au point de vue métaphysique; mais elle est exprimée en termes assez impropres. Claude Bernard veut dire que les mathématiques résultent directement et consciemment de notre raison; et que tout le reste des phénomènes aurait pour nous ce même caractère logique et rationnel, si nous le connaissions à fond; mais que nous n'en avons pas conscience parce que nous ne voyons que les résultats.

jamais un expérimentateur ne pourra admettre qu'il y ait une variation dans l'expression de ce phénomène sans qu'en même temps il ne soit survenu des conditions nouvelles dans sa manifestation; de plus, il a la certitude *a priori* que ces variations sont déterminées par des rapports rigoureux et mathématiques. L'expérience ne fait que nous montrer la forme des phénomènes; mais le rapport d'un phénomène à une cause déterminée est nécessaire et indépendant de l'expérience, et il est forcément mathématique et absolu. Nous arrivons ainsi à voir que le principe du *criterium* des sciences expérimentales est identique au fond à celui des sciences mathématiques, puisque de part et d'autre ce principe est exprimé par un rapport des choses nécessaire et absolu. Seulement dans les sciences expérimentales ces rapports sont entourés par des phénomènes nombreux, complexes et variés à l'infini, qui les cachent à nos regards. A l'aide de l'expérience nous analysons, nous dissocions ces phénomènes, afin de les réduire à des relations et à des conditions de plus en plus simples. Nous voulons ainsi saisir la forme de la vérité scientifique, c'est-à-dire trouver la loi qui nous donnerait la clef de toutes les variations des phénomènes. Cette analyse expérimentale est le seul moyen que nous ayons pour aller à la recherche de la vérité dans les sciences naturelles, et le *déterminisme absolu* des phénomènes dont nous avons conscience *a priori* est le seul critérium ou le seul principe qui nous dirige et nous soutienne. Malgré nos efforts, nous sommes encore bien loin de cette vérité absolue; et il est probable, surtout dans les sciences biologiques, qu'il ne nous sera jamais donné de la voir dans sa nudité. Mais cela n'a pas de quoi nous décourager, car nous en approchons toujours; et d'ailleurs nous saisissons, à l'aide de nos expériences, des relations de phénomènes qui, bien que partielles et relatives, nous permettent d'étendre de plus en plus notre puissance sur la nature.

« De ce qui précède, il résulte que, si un phénomène se présentait dans une expérience avec une apparence tellement contradictoire, qu'il ne se rattachât pas d'une manière

nécessaire à des conditions d'existence déterminées, la raison devrait *repousser le fait* comme un fait non scientifique. Il faudrait attendre ou chercher par des expériences directes quelle est la cause d'erreur qui a pu se glisser dans l'observation. Il faut, en effet, qu'il y ait eu erreur ou insuffisance dans l'observation; car l'admission d'un fait sans cause, c'est-à-dire indéterminable dans ses conditions d'existence, n'est ni plus ni moins que la négation de la science. De sorte qu'en présence d'un tel fait un savant ne doit jamais hésiter; il doit croire à la science et douter de ses moyens d'investigation. Il perfectionnera donc ses moyens d'observation et cherchera par ses efforts à sortir de l'obscurité; mais jamais il ne pourra lui venir à l'idée de nier le *déterminisme* absolu des phénomènes, parce que c'est précisément le sentiment de ce déterminisme qui caractérise le vrai savant [1]. »

147. Comment en effet la raison nous fait-elle *comprendre* les choses? C'est en trouvant ce qu'elles ont de commun, de régulier, autrement dit en exigeant que tout se tienne dans l'univers, et que rien n'arrive qui ne soit déterminé par des règles générales. La raison peut donc être définie : la faculté de ramener les choses à l'unité. Cette réduction du multiple à l'un est la loi fondamentale de la pensée, ou, pour mieux dire, elle est la pensée elle-même; car si l'on peut sentir sans analyser sa sensation et sans en prendre une conscience réfléchie, on ne peut penser — ou comprendre, ce qui est la même chose — qu'en réunissant les innombrables phénomènes de l'univers dans des lois, et ces lois elles-mêmes dans d'autres, moins nom-

1. Claude Bernard, *Introduction à la médecine expérimentale*, I. 2. — J.-B. Baillière, 1865.

breuses et plus générales, en marchant toujours dans le sens qui aurait pour limite idéale, mais évidemment évanescente [120], l'unité et l'identité pures.

148. Cette direction s'exprime par des formules diverses, en raison même de la diversité à laquelle elles s'appliquent. On les appelle souvent, pour cette raison, « principes directeurs de la connaissance. »

Le principe d'identité s'énonce : « Ce qui est, est; ce qui n'est pas, n'est pas. » Il se complète par deux autres règles plus spécialement relatives à la structure des propositions : « Le contraire du vrai est faux; de deux propositions contradictoires l'une est vraie et l'autre fausse. » — Il peut sembler que ce soient là des vérités de M. de la Palisse, bien inutiles à formuler. Mais on en jugera autrement si l'on observe que, dans la formule : « Ce qui est, est », ou simplement $A \supset A$, le premier terme n'est pas absolument identique au second. Sans cela, il en serait indiscernable. Il s'en distingue donc au moins par une position différente dans le temps, et la formule revient à dire : « Ce qui était vrai quand je commençais mon raisonnement l'est encore quand je le finis. Si deux fois sept ont fait quatorze tout à l'heure, ils le font encore à présent; s'il est vrai que vous êtes né tel jour, à telle date, cela reste vrai quand le monde entier croulerait, et l'éternité peut passer dessus sans en altérer la vérité. » Pour mettre le principe d'identité et de contradiction sous la forme vraiment instructive et utile, le mieux serait de dire : *Il y a un vrai et un faux*, non pas fluctuant et variable, mais constant et solide. C'est là-dessus que nous nous

fondons pour chercher à le connaître, et pour conclure légitimement des principes à leurs conséquences, des lois à leurs applications.

149. Le principe de substance énonce que toute qualité appartient à une substance, c'est-à-dire que dans toutes les couleurs, les formes, les états que peut prendre une matière donnée, quelque chose d'immuable persiste et permet de dire que c'est la même. « Rien ne se perd, rien ne se crée », disaient les anciens bien avant qu'on eût fait aucune expérience ni aucune mesure précise à ce sujet : *E nihilo nihil, in nihilum nil posse reverti.* Et c'est bien une nécessité de notre esprit que de concevoir la quantité de matière comme invariable tant qu'on n'en soustrait ni n'en ajoute du dehors; car à quoi rapporterait-on le changement, sinon à quelque chose d'invariable? Comment pourrait-on dire qu'un corps a augmenté ou diminué en volume si ce corps ne restait pas le même, et s'il n'y avait pas quelque moyen de concevoir et d'apprécier cette identité? — Mais si l'on a toujours su qu'il y avait quelque chose d'invariable dans toute matière, puisque les transformations en seraient inintelligibles sans cela, on n'a formulé que récemment *en quoi* consistait ce substratum solide qui nous sert de terme de comparaison. Il est constitué par la *masse*, c'est-à-dire le quotient de toute force s'appliquant à ce corps par l'accélération qu'elle lui imprime. Cette quantité $m = \frac{f}{g}$ est constante. De cette loi, la manifestation la plus facile à saisir est naturellement l'immutabilité du poids d'un corps en un même point de la surface

du globe. Une autre application fort belle en est le principe de Lavoisier : « Dans toute réaction chimique, la masse du composé est égale à la somme des masses des composants ».

Mais la preuve que ce n'est là qu'une application et, comme dit Kant, un *schème* du principe de substance, c'est qu'avec des mesures plus délicates, on s'aperçoit que cette permanence de la masse n'est vraie qu'en première approximation. D'une part, pour des mouvements très rapides, comme ceux des *ions* [118], la masse croît d'une manière appréciable en fonction de la vitesse; de l'autre, on envisage des transformations possibles de matière en énergie, et inversement [127]. Le principe d'une invariance reste toujours une nécessité intellectuelle; mais il n'est pas satisfait rigoureusement à l'étage où l'on avait cru d'abord le saisir.

150. Le principe de causalité, enfin, énonce que tout phénomène a sa cause et son effet. Il est le plus difficile à interpréter exactement, car les mots de cause et d'effet ne sont pas nets : une illusion venant du langage nous pousse à croire qu'il y a dans la nature des effets et des causes tranchés, bien distincts les uns des autres, comme il y a des générations successives dans les familles humaines. Mais un peu de réflexion nous montre qu'il n'en est rien. Les phénomènes se combinent entre eux et se fondent l'un dans l'autre si étroitement qu'on ne peut les diviser, si ce n'est arbitrairement et pour la commodité du raisonnement. Soit un boulet de canon qui vient frapper une plaque de blindage : il rougit. Quelle est la cause de ce phénomène? C'est évidemment le mouvement antérieur du boulet. Mais qu'entendrons-nous par mouvement antérieur? Sera-ce la trajectoire entière? Ce n'est pas nécessaire. Le commencement en importe peu; il ne communique qu'indirectement, pour ainsi dire, avec le phénomène que nous étudions. L'échauffement du boulet ne dépend, sa masse restant constante, que de sa vitesse pendant les derniers moments de son parcours. La véritable cause ne peut être que l'antécédent immédiat. Sera-ce donc la seconde moitié de la trajectoire? Mais on pourrait répéter le même raisonnement en la subdivisant : sera-ce la dernière minute, la dernière seconde, le dernier dixième?... Plus de raison pour s'arrêter; nous voici aux prises avec l'infiniment petit, et la cause s'y perd. — Si la conséquence nous fait peur, une autre hypothèse nous est ouverte. Nous dirons que la trajectoire tout entière est cause du phénomène. Mais les mêmes difficultés se présentent alors dans l'ordre inverse. A ce compte, la déflagration de la poudre ferait aussi partie de la cause, ainsi que le mouvement du canonnier qui fait partir le coup, et le commandement de l'officier, et le fait d'avoir amené sur cet endroit la pièce, la gargousse et le boulet; et de même indéfiniment. Il n'est pas possible de s'arrêter dans la régression continue qui nous fait reculer dans la série illimitée des antécédents; si la cause n'est pas dans l'infiniment petit, elle est dans l'infiniment grand. Elle ne s'y perdra que plus sûrement.

La causalité n'est donc pas un saut brusque d'un phénomène à un autre phénomène, mais la trans-

formation d'un état en un autre état. L'échauffement du boulet de canon consiste en ce que chaque atome continue sous forme moléculaire le mouvement qu'il avait commencé sous forme de translation. La courbe décrite par l'un d'eux dans une seconde et celle qu'il décrit pendant la seconde suivante ne sont pas séparées; elles sont sans interruption la suite l'une de l'autre. Et il en est toujours ainsi. Considérons une bille roulant sur le billard, et notons trois de ses positions successives A, B, C. Le mouvement de A en B pourra être appelé un phénomène, le mouvement de B en C en sera un autre. A ce compte AB sera la cause de BC. Mais qui ne voit qu'une pareille division est toute artificielle, faite pour la commodité du langage, et sans fondement dans la nature des choses qu'elle représente? Déplaçons le point B, nos phénomènes changent, et cependant il n'y a rien de changé dans ce que nous exprimons. Subdivisons AB et BC, voilà quatre phénomènes au lieu de deux, chacun cause et effet; et cependant la réalité des faits demeure toujours la même. Dans toute translation, alors même qu'il existe certains aspects de discontinuité (par exemple dans les *quanta*) il reste la même liberté dans le découpage des phénomènes.

L'idée de causalité s'est constituée sur le modèle des actes humains, techniques ou moraux. Elle s'est conservée parce qu'elle sert à marquer en gros sur quoi l'on doit agir pour obtenir un résultat donné. Mais elle n'exprime pas un caractère vraiment objectivable des transformations physiques.

Cependant on ne peut dire qu'il y ait *transformation*.

d'un phenomene en un autre phénomène que s'il y a quelque chose d'identique qui fasse leur liaison. Autrement, qu'auraient-ils de commun et pourquoi le second serait-il l'effet du premier plutôt que de tout autre événement concomitant? Quelque chose de déterminé passe donc de l'un à l'autre. Serait-ce l'identité de matière qui formerait la liaison de la cause et de l'effet? L'expérience montre qu'il n'en est rien : le choc du marteau a pour effet un échauffement de l'enclume, sans qu'aucune partie de sa matière entre dans l'enclume pour cela; le poids d'un ressort n'est pas diminué d'un gramme quand il vient de lancer une balle. Ce qui est passé de l'un à l'autre, c'est donc quelque chose qui n'est pas de la matière et que nous appellerons en conséquence de l'*action*. Le sens du principe de causalité est qu'il existe entre les phénomènes que nous appelons cause et effet une certaine quantité d'action identique, invariable; et ce qui les relie est précisément le passage de l'un à l'autre de cette quantité d'action.

Logiquement, nous voyons donc que si nous considérons un système de plusieurs corps capables d'échanger entre eux des forces et des mouvements, mais n'exerçant aucun effet extérieur et n'en subissant aucun, une certaine quantité, différente de la masse, et que nous avons appelée, par définition, la quantité d'action, y restera toujours invariable; en effet chacun des états successifs de ce système sera l'effet des états précédents seulement et, par hypothèse, ne pourra rien emprunter ni donner au dehors. Nous voyons aussi que, si le système en question produit un effet extérieur, et qu'on puisse mesurer la quantité d'action

passée dans cet effet, la quantité d'action qui restera dans le système devra se trouver précisément diminuée de celle qui a été fournie au dehors. Et nous pouvons en conclure que la quantité d'action totale d'un système est égale à celle qu'il se trouverait avoir fournie au dehors, si l'on en avait tiré tout le travail qu'il est théoriquement capable de produire.

151. Mais, matériellement, la difficulté est de savoir quelle formule mathématique représente ce que nous avons appelé à dessein du terme purement formel de quantité d'action, et que les physiciens modernes appellent énergie. La question se trouve posée dès qu'on analyse le principe de causalité; car on ne peut se dispenser, sachant qu'une certaine quantité doit se trouver constante, de chercher à en déterminer la formule exacte. Descartes le premier l'a tenté, et diverses considérations l'ont conduit à penser que cette quantité devait être la somme arithmétique des produits des masses par les vitesses pour tous les éléments du système. Mais cette première solution était erronée; la somme en question, qu'on appelle d'ordinaire *quantité de mouvement*, n'est pas réellement constante dans tous les cas.

Suivant Leibniz, deux choses sont constantes : 1° la somme des forces vives, ou produits des masses par les carrés des vitesses, pour tous les points du système, $\Sigma\, mv^2$; 2° la quantité de progrès suivant une direction quelconque, c'est-à-dire la somme algébrique des produits de la masse de chaque point par la projection de sa vitesse sur la direction considérée. Si

donc nous représentons par v' la projection de chaque vitesse sur cette direction et par K, k des quantités constantes, nous aurons les deux équations suivantes pour représenter le principe de causalité :

$$\Sigma\, mv^2 = \mathrm{K} \qquad \Sigma\, mv' = k.$$

Cette double formule avait le grand avantage de tenir compte, par les projections, des changements de direction dans les vitesses, changements que négligeait Descartes et qui cependant doivent évidemment entrer en ligne dans le calcul des actions internes d'un système [1]. Mais la première de ces deux équations n'est vraie que dans certains cas, nous verrons plus loin pour quelles raisons générales; et quant à la seconde, bien qu'elle soit juste, elle ne peut suffire à représenter l'énergie. Il est visible en effet qu'un système peut avoir une quantité de progrès nulle sans être incapable pour cela de produire un effet extérieur : ce serait le cas de deux corps égaux se dirigeant l'un vers l'autre avec des vitesses égales; l'énergie aurait évidemment une certaine valeur dans ce système, tandis que la quantité du progrès y serait égale à zéro.

1. « Et quidem demonstro non tantum eamdem conservari *vim absolutam*, seu quantitatem actionis in mundo, sed etiam eamdem vim directivam eamdemque quantitatem directionis ad easdem partes, seu eamdem *quantitatem progressus*, sed progressu in partibus computato, ducta celeritate in molem, non quadrato celeritatis. Hæc tamen quantitas progressus in eo differt à *quantitate motus*, quod duobus corporibus in contrarium tendentibus, pro habenda quantitate motus totali (sensu Cartesiano) debent addi quantitates motus singulorum; sed pro habenda quantitate progressus, debent a se invicem detrahi. » Fragment d'une lettre de Leibniz à Bernoulli, du 28 janvier 1696, citée dans l'édition de la *Monadologie* de M. Boutroux. Delagrave, 1881.

Les formules de Leibniz ne satisfont donc pas entièrement à la question.

C'est qu'en effet dans l'état actuel de la science, nous sommes obligés de distinguer plusieurs formes différentes sous lesquelles l'énergie peut se manifester à nos sens :

1° L'énergie de mouvement, la seule que considérât Leibniz. On la nomme encore énergie actuelle, ou énergie cinétique, et elle est égale à la moitié de la force vive du système, $\frac{1}{2} \Sigma mv^2$.

2° L'énergie de position, ou énergie potentielle, tout aussi réelle et capable d'engendrer du travail, bien qu'elle ne produise pas de mouvement perceptible actuel. Telle est celle d'un arc tendu, d'un fusil chargé, et plus généralement d'un système de corps s'attirant et qui sont éloignés les uns des autres.

3° L'énergie calorifique, lumineuse, électrique, chimique, physiologique, etc. Il y a lieu d'espérer qu'entre ces classes, il y aura de grandes assimilations à effectuer, à mesure que les phénomènes seront mieux connus [115]. L'énergie calorifique, par exemple, se ramène bien probablement à de la force vive; l'énergie chimique, à de l'énergie électrique, et celle-ci peut-être à de l'énergie de position. Mais en fait, à l'heure actuelle, ces identifications ne sont encore qu'à l'état d'hypothèses plus ou moins imparfaites. Tout ce que nous pouvons faire est de déterminer des équivalences entre ces différentes formes d'action [122], équivalences qui permettent pour ainsi dire de les réduire au même dénominateur, et par suite de les additionner ou de les soustraire.

Ceci posé, la quantité constante que réclame le principe de causalité, et que cherchaient à formuler Descartes et Leibniz, est la *somme* de toutes ces formes d'énergie, ou en d'autres termes l'*énergie totale* du système. Les mouvements pourront se modifier; une partie de l'énergie cinétique pourra devenir de l'énergie potentielle, ou réciproquement; mais la somme de l'ensemble demeurera toujours la même; et par conséquent, en désignant l'énergie cinétique par sa valeur, l'énergie potentielle par P, et les autres formes de l'énergie par a, b, c..., nous aurons l'équation suivante, dont la grossièreté manifeste l'état encore imparfait de la science, mais qui n'en représente pas moins exactement la loi de la causalité physique ou de la conservation de l'énergie E.

$$E = \frac{1}{2} \Sigma mv^2 + P + a + b + c... = K$$

152. En résumé, notre raison dirige notre connaissance sensible par trois principes : le principe d'identité d'une part, qui est le plus général et le plus absolu : il exprime la nécessité de l'accord de la pensée avec elle-même dans les moments divers de ses opérations discursives; les principes de substance et de causalité d'autre part, qui sont les deux colonnes des sciences de la matière par leurs applications respectives, la *conservation de la masse* et la *conservation de l'énergie* : ils expriment, quoique d'une manière encore imparfaite et sujette à révision dans son énoncé, le besoin qu'a la raison de trouver, dans les objets de la connaissance, quelque chose qui ne change pas, et par rapport auquel on puisse déterminer ce qui change.

Nous pourrions donc réunir ces deux énoncés dans ce principe commun que rien n'apparaît dans le monde perceptible, qui n'ait préexisté en quantité rigoureusement égale, et qu'*expliquer* quelque être ou quelque événement qui semble nouveau, c'est faire voir sous quelle forme vivait d'avance son indestructible continuité. Enfin, puisque expliquer, c'est comprendre, nous serons en droit de résumer toutes ces vérités en disant qu'il ne se produit rien qui ne puisse être compris, ou encore que « rien n'arrive sans qu'il y ait une cause ou du moins une raison déterminante, c'est-à-dire quelque chose qui puisse servir à rendre raison *a priori* pourquoi cela est existant plutôt que non existant et pourquoi cela est ainsi plutôt que de toute autre façon[1] ». C'est là ce qu'on appelle principe de *raison suffisante* ou d'*universelle intelligibilité*. Il est facile d'en abuser, comme de toute formule très générale, mais il est impossible de ne pas l'admettre pour norme principale de la raison, telle qu'elle est constituée, et telle qu'elle doit être appliquée dans les sciences et dans la conduite de la vie.

Du temps et de l'espace.

153. Non seulement notre représentation, c'est-à-dire l'ensemble de ce que nous percevons, s'organise

1. Leibniz, *Théodicée*, § 44. Ce principe n'est applicable sûrement qu'à *ce qui arrive*, au rapport entre un état de choses et l'état suivant. Quant aux données elles-mêmes, au fait que quelque chose existe, c'est une question de savoir si cela aussi est intelligible. Leibniz le croyait, et ne faisait pas la distinction ; mais c'était probablement à tort.

suivant des lois que nous trouvons *a priori* empreintes dans notre esprit, mais encore elle se développe dans deux milieux très simples, auxquels nous pouvons rapporter tout ce que nous percevons : le *temps* et l'*espace*. Ces deux cadres, où se distribuent toutes nos sensations, déterminent les propriétés les plus générales du monde des phénomènes.

Le temps[1] se présente à nous comme un continu illimité à une seule dimension, dont nous occupons sans cesse un point déterminé, mais continuellement changeant et se déplaçant dans un même sens.

L'espace nous apparaît comme un continu à trois dimensions, également illimitées, et dont toutes les parties coexistent au même instant. Ces deux idées sont corrélatives et inséparables l'une de l'autre, car il n'y aurait point de direction, de dimension, ni par conséquent de succession sans l'idée d'espace; et de même l'idée de la coexistence, qui caractérise l'espace, ne peut se former qu'en supposant l'idée de temps. Le phénomène le plus simple et le plus essentiel, celui auquel nous essayons de ramener tous les autres quand nous voulons les comprendre, le *mouvement*, manifeste très bien ce rapport, car il est la synthèse de l'espace et du temps; la formule de la vitesse est en effet $v = \frac{e}{t}$, c'est-à-dire le quotient d'une étendue par une durée.

1. Il s'agit ici, bien entendu, de l'idée de temps dont usent le mathématicien, l'astronome, le physicien; et non pas du sentiment psychologique de la durée, qui a un tout autre caractère; ce sentiment constitue sans doute l'expérience primitive qui a conduit l'esprit humain à construire le temps abstrait, schéma rationnel de l'irréversibilité [144].

Ni l'une ni l'autre de ces deux idées ne peut être construite en supposant l'autre donnée, comme on l'a essayé quelquefois. Nous venons en effet de voir qu'on ne saurait concevoir ni le temps sans l'espace, ni l'espace sans le temps, et que par conséquent toute tentative de ce genre serait une pétition de principe. — Elles ne peuvent pas davantage être l'une et l'autre tirées de l'expérience seule, car certaines de leurs propriétés essentielles, telles que l'indéfinie grandeur et l'indéfinie divisibilité, sont par leur nature même insaisissables à l'expérience : nous n'avons jamais divisé un millionième de millimètre, et nous ne le diviserons jamais avec nos instruments; mais nous n'en sommes pas moins certains qu'il peut se diviser, et même en autant de parties que l'on voudra. Nous n'avons jamais quitté la Terre, et cependant nous savons qu'en cheminant droit devant nous, nous ne trouverions au bout d'un certain temps plus d'atmosphère, plus loin peut-être plus d'étoiles; plus loin encore, peut-être n'y aurait-il plus même cet éther extrêmement subtil qui remplit les intervalles des planètes; — mais jamais, nous en sommes sûrs, nous ne trouverions un lieu de l'espace après lequel il n'y ait plus d'espace, car cela serait contradictoire à la notion que nous en avons.

154. Puisque ces deux idées ne nous sont pas fournies toutes faites par ce qui tombe sous nos sens, il reste donc seulement qu'elles soient comme nos principes rationnels des données naturelles, *a priori*, de notre pensée; c'est-à-dire qu'elles expriment à leur

façon la loi directrice de notre intelligence [144] en tant qu'elle s'applique à l'organisation des matériaux provenant de la sensation. Cette hypothèse, d'ailleurs, nous en fait très bien comprendre toutes les propriétés.

En premier lieu, l'homogénéité, c'est-à-dire l'identité parfaite de toutes leurs parties. Faussement, notre imagination tend à nous représenter l'espace comme ayant des régions différentes, c'est-à-dire comme un canevas préexistant, sur lequel, en des points fixes, seraient piqués les faits ou les choses; et le temps, comme une ligne où se placeraient toutes les époques, ainsi que des bornes sur une route. Leibniz et Kant parmi les philosophes, Cournot et Duhamel parmi les mathématiciens, pour ne citer que les plus illustres, ont signalé cette illusion et fait voir à quelles absurdités elle conduisait. Il faudrait par exemple que chaque point d'un pareil espace eût sa réalité personnelle, le distinguant de tous les autres et l'empêchant d'être confondu avec eux; ce qui est contradictoire, puisque tous les points de l'espace ont les mêmes propriétés. — Mais cette illusion disparaît dès que nous nous rappelons que l'espace, comme nous venons de le montrer, n'est pas un être en soi, une chose métaphysique, mais un cadre *a priori* que notre faculté de percevoir transporte partout avec elle. C'est une fonction de notre esprit que de l'engendrer continuellement et continûment, comme une machine tisse indéfiniment le même dessin dans une toile; à ce titre il est toujours homogène et identique à lui-même. S'il me plaît de le penser autour de Sirius, ou s'il m'était possible de l'y percevoir, je ne pourrais l'y penser ou l'y percevoir que comme ici

même; car ce n'est pas une chose, c'est une loi; et voilà pourquoi le géomètre n'hésite pas un seul instant à universaliser ses formules, et regarderait comme un fou celui qui viendrait dire que dans Sirius, une droite coupe peut-être une circonférence en trois points.

Ce caractère *a priori* du temps et de l'espace peut seul aussi nous expliquer la rigoureuse justesse des vérités mathématiques. Si nous les tirions de l'observation par abstraction et généralisation, leur précision serait au plus égale à celle de nos observations les meilleures; et au contraire, elle est d'une rigueur absolue. Comparez la méthode physique de Galilée et la méthode mathématique de Roberval dans le problème de la cycloïde [85] : le premier, ayant recours à l'expérience, pouvait seulement affirmer que l'aire de cette courbe était *sensiblement* égale au triple du cercle générateur; et ainsi la véritable formule aurait pu être $3\pi r^2 + \frac{r^2}{1000}$ sans qu'il s'aperçût de la différence; mais Roberval, qui démontre sa formule au lieu de l'expérimenter, prouve qu'elle est précisément et nécessairement égale à $3\pi r^2$, sans un millionème de plus ou de moins. Voilà ce que l'expérience ne peut pas donner.

Si donc les figures géométriques, vu leur rigueur, ne sont pas des généralisations d'expérience, d'où viennent-elles? Ampère l'a expliqué de la façon la plus satisfaisante, et la plupart des géomètres suivent aujourd'hui cette opinion; elle a même donné naissance à une nouvelle branche des mathématiques : la géométrie cinématique [1].

1. Inventée par M. le colonel Mannheim, professeur à l'Ecole polytechnique, qui en rapporte lui-même l'origine à l'*Essai sur la philosophie des sciences*. Cette géométrie consiste essentiellement, comme l'indique son nom, à résoudre les problèmes par des déplacements de figures; méthode qui présente toujours un caractère plus concret que l'analyse, et dans certains cas une plus grande simplicité.

Nous avons l'idée d'espace, celle de temps, celle de leur rapport, qui est le mouvement. Nous avons également l'idée d'unité, qui est, comme nous l'avons vu, un aspect fondamental de la raison. Posons l'unité dans l'espace, ce sera le point. C'est le meilleur moyen de le définir de telle manière qu'il existe et qu'il ait sa place, sans cependant qu'il ait aucune dimension, ainsi que l'exige la géométrie. Cette définition est même la seule rigoureuse, et d'ailleurs n'est pas nouvelle; car Pythagore et ses disciples, excellents mathématiciens et d'esprit très philosophique, définissaient déjà le point μονὰς ἔχουσα θέσιν, mot à mot « l'unité ayant une position ». Si nous supposons que ce point vienne à se déplacer, son mouvement engendrera une ligne qui sera rigoureusement dépourvue d'épaisseur et de largeur, comme il est lui-même; si cette ligne se déplace, elle engendre une surface, et la surface elle-même par son déplacement formera le volume. Cela est si vrai que les définitions les plus parfaites, dans la géométrie, sont toujours des définitions *par génération* : le cylindre est la figure engendrée par un rectangle tournant autour de l'un de ses côtés; le cône, par une droite dont un point reste fixe et qui s'appuie constamment sur une courbe fermée, et ainsi de suite. — Espace, unité, point, ligne, surface, volume, tel est donc l'ordre dans lequel s'engendrent les notions géométriques, ce qui en

explique à la fois la rigueur et l'adéquation parfaite à notre esprit.

155. On s'est demandé, depuis quelques années, si ces notions communes de l'espace et du temps, qui sont à la base de notre expérience, n'auraient pas besoin de révision. L'idée n'a rien d'absurde : car certains des cadres de notre connaissance ont été déjà perfectionnés à plusieurs reprises dans l'histoire des sciences, telle que nous la connaissons [152]. Ce progrès ne consiste pas d'ailleurs en un remaniement de sens quelconque, comme celui qui a substitué tour à tour, dans l'ordre politique, des républiques à des monarchies et des monarchies à des républiques. Il consiste toujours, soit à tenir compte de faits antérieurement inconnus, ou négligés dans une première approximation [149]; soit à réaliser plus complètement l'assimilation des données sensibles, ce qui est le but central de la raison, et le point fixe vers lequel elle s'oriente [147].

C'est ainsi qu'en ce qui concerne le temps, on a mis en doute depuis quelques années la formule classique : « Il n'y a qu'un seul temps, et tous les temps particuliers sont des parties d'un même temps[1]. » Rigoureusement en effet, deux phénomènes ne peuvent être

1. L'idée contraire, celle de la multiplicité des « temps propres », même en physique, est un des principaux éléments de ce qu'on appelle « la théorie de la relativité ». (Le mot relativité y est pris d'ailleurs dans un sens assez différent du sens où l'on a coutume de dire que nous ne pouvons connaître que le relatif.) L'auteur en est M. Albert Einstein, professeur à l'Université et à l'École Polytechnique fédérale de Zurich, puis à l'Université allemande de Prague, et maintenant à Berlin. Après avoir publié divers mémoires sur ce sujet, il en a donné un exposé d'ensemble dans son livre : *La théorie de la relativité, restreinte et généralisée* (1918), traduction française de Mlle Rouvière (Gauthier-Villars, 1921).

dits l'un antérieur, l'autre postérieur, que par rapport à une conscience, par rapport à la pensée d'un même être qui les éprouve. Si l'on parle d'une antériorité des phénomènes « en eux-mêmes », c'est le résultat d'une *construction* [153] qui suppose le choix de points de repère, l'adoption d'une horloge déterminée (c'est-à-dire d'un phénomène type pris pour mesure), enfin la connaissance des lois de transmission, physique ou psychologique, des signes par lesquels nous en sommes avertis. Imaginons, avant la découverte de l'Amérique, la suite des événements d'Europe, et celle des événements du Nouveau-Monde. Ce sont deux chronologies sans commune mesure, dans lesquelles sont enfermés les Américains d'une part, les Européens de l'autre. Un événement de la première série ne peut être dit simultané à un événement de la seconde que si nous imaginons une conscience supérieure, un Dieu, qui *percevrait à la fois*, d'une vue directe, la mort de saint Louis et telle révolution ou telle bataille des Aztèques sur le sol du Mexique. De même pour ce qui se passe dans notre monde et dans les mondes lointains avec lesquels nous n'avons aucune communication. Et si nous en avons des nouvelles, mais indirectement, et par des moyens qui demandent beaucoup de temps, par rapport au cours de nos propres événements, comme par exemple des rayons lumineux venant d'une étoile en vingt ou en trente ans, — nous ne pourrons jamais comparer nos chronologies que

sous la réserve des lois, encore douteuses, qui gouvernent la propagation des ébranlements de l'éther. Nous pourrons dire seulement : le changement que nous percevons aujourd'hui dans telle étoile doit être placé à telle date dans notre représentation « objective » de l'univers (c'est-à-dire dans la représentation idéale qu'en aurait un esprit omniscient, de même structure que le nôtre) si les lois de la physique que nous admettons actuellement étaient aussi celles qu'il admet. Nous concevons même que peut-être ce soit encore là une trop grande simplification et qu'il faille dire : ce changement doit être placé à telle date par rapport à tel sujet percevant qui se trouverait lui-même dans telle situation spatiale, et à telle date par rapport à tel autre, qui serait dans une situation différente, — pour tous deux légitimement, et dans cette même représentation *objective* à laquelle on doit toujours aboutir en fin de compte, car elle est la norme de la pensée scientifique. — L'unicité du temps n'est donc pas une donnée que nous constatons : c'est un *idéal* vers lequel nous tendons, et par suite que nous posons à titre de norme, en vertu de notre besoin d'assimilation [159]. Dans la mesure où nous pourrons ramener à une même échelle deux séries temporelles d'abord isolées, il y aura bénéfice net pour la raison; dans la mesure où nous trouverons, dans la matière de notre connaissance, des indéterminations ou des contradictions nous empêchant de pointer deux phénomènes sur une même ligne de temps, d'une manière déterminée et *commune* à tous les esprits susceptibles d'en avoir connaissance, il y aura *ouverture d'un problème scientifique à résoudre*, c'est-à-dire d'une assimilation future à réaliser par un biais ou par un autre. Tel a été le cas de l'expérience de Michelson et Morley[1], d'où sont sorties toutes ces discussions sur la diversité des « temps propres ». On peut se réjouir quand il s'ouvre de nouveaux problèmes : le champ de la science s'élargit, et les bons ouvriers aiment le travail. Mais il n'en reste pas moins une grande différence, en valeur absolue, entre le progrès qui consiste à résoudre une question pendante, et celui qui consiste à poser des questions auxquelles on n'avait pas encore songé, ou à découvrir des erreurs dans les solutions dont on s'était contenté jusque-là. La découverte de la gravitation, celle de la théorie cellulaire, celle de l'identité entre la lumière, la chaleur rayonnante et les ondes électro-magnétiques sont des progrès du premier genre. Les corrections à la loi de Mariotte, la découverte des variations de la masse, la théorie du « temps propre » sont des progrès du second genre : ils n'auraient aucune valeur s'ils ne préparaient pas la découverte d'identifications plus importantes, dont on soupçonne déjà quelques-unes à travers la théorie de la « relativité ».

Notre répartition des objets dans l'espace peut

1. Elle consiste à montrer que la lumière paraît se mouvoir avec la même vitesse pour un observateur immobile par rapport à une source lumineuse, et pour un observateur en mouvement par rapport à cette même source, alors même que la vitesse de ce mouvement est largement appréciable par rapport à la vitesse de la lumière : ce qui contredirait évidemment le principe des mouvements relatifs et de la composition des vitesses, et par conséquent l'idée que deux vitesses peuvent toujours être rapportées à un même temps. Voir Langevin, *Le temps, l'espace et la causalité dans la physique moderne*, Bulletin de la Société française de philosophie, janvier 1912.

donner lieu à des critiques analogues. Demander si l'espace *est* ou *n'est pas* euclidien, c'est poser une question qui n'a pas de sens philosophique. L'espace de la perception brute est un continu indéterminé, hétérogène, amorphe, et très différent de celui du géomètre[1]. Quant à « celui du géomètre », il est l'ensemble des cadres construits par l'activité de notre esprit suivant sa tendance rationnelle [147-154], cadres qui nous servent à établir les rapports de nos perceptions et à raisonner sur elles. La géométrie n'est pas une science de l'espace en tant que donné, à la manière dont la botanique est la science des plantes : elle est la science d'un système de figures rationnelles que l'on peut tracer dans l'espace suivant certaines lois, dont les plus fondamentales sont définies, suivant la formule classique des Grecs, par « l'emploi de la règle et du compas » (et aussi, bien entendu, par les conditions générales de la logique). Jusqu'à présent, les constructions euclidiennes, qui sont objectivement les plus simples[2], ont suffi à organiser notre image du monde d'une manière satisfaisante, sans lacunes ni inconsistances qui leur paraissent imputables. Elles sont donc physiquement vraies et le monde que nous nous représentons en commun suivant ces formes est bien le monde réel. S'il s'y manifestait une contradiction, c'est-à-dire si deux raisonnements, également corrects, nous amenaient à deux représentations spatialement incompatibles, il y aurait lieu d'examiner

1. E. Mach, *L'espace physiologique et l'espace géométrique*, dans *La connaissance et l'erreur*, trad. Dufour, ch. xx.
2. H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, ch. iii.

s'il convient de changer quelque chose au *réseau* fondamental des figures géométriques qui en forment l'armature. Mais la règle logique de l'organisation perceptive est de modifier d'abord les représentations les plus spéciales, et les plus matérielles; et l'expérience, d'accord avec la raison, a montré jusqu'ici qu'on obtenait de cette manière, non pas une intelligibilité factice, précaire, d'où naîtraient de nouvelles difficultés, mais au contraire un système plus cohérent, et qui conduit même souvent à des simplifications inattendues [89] Le cas du système de Copernic, que l'on oppose quelquefois à cette règle comme s'il constituait une révolution dans les principes, n'est pas topique : car il n'altérait aucun de nos concepts ou de nos axiomes rationnels, mais seulement une collocation dans l'espace. Le cas du radium, au contraire, est très instructif, et témoigne d'une façon frappante en faveur de la raison : quelques esprits enclins à tout changer, ou peut-être à douter de la science, ont aussitôt parlé d'un échec au principe de la conservation de l'énergie [151]. En fait, on aurait tout brouillé, sans aucun avantage, si l'on s'était lancé dans cette voie. Au contraire, on a obtenu des succès indéfinis par l'hypothèse d'une décomposition atomique, qui ne changeait rien aux cadres de la raison constituée, mais seulement aux conceptions les plus matérielles de la physico-chimie. C'est un aspect de cette vérité qu'exprimaient, sous une forme appropriée à la philosophie de leur temps, l'adage de Pythagore : le nombre est l'essence des choses; celui de Platon : Ἀεὶ ὁ θεὸς γεωμετρεῖ · ceux enfin de Bacon, de Descartes, de Leibniz,

et le célèbre axiome de d'Alembert : « Le monde est un problème de mécanique », formule trop étroite sans doute, si l'on veut dire par là que tout se ramène à la « mécanique rationnelle », mais qui devient très acceptable si l'on entend mécanique au sens large, comme application au réel de nos formules logiques et mathématiques.

Rôle de la raison dans les sciences morales.

156. Mais la nature de l'esprit humain et l'existence des problèmes que nous avons appelés *normatifs* [94] fournissent encore dans les sciences morales une autre application de la raison qui ne se rencontre pas dans la philosophie naturelle. Pour étudier cette fonction des principes en Logique, il suffirait de reprendre à un autre point de vue tout ce qui précède, et d'en considérer non plus les résultats, mais la forme et la méthode. Mais c'est surtout dans la Morale qu'apparaît le mieux le caractère propre de la raison normative ou, comme dit Kant, de la *raison pratique*.

Quelque interprétation métaphysique que l'on veuille donner de la liberté, elle existe en fait; c'est-à-dire que les hommes commencent par concevoir un but, se décident à l'atteindre, et finalement emploient tous les moyens pratiques qu'ils ont à leur disposition pour réaliser la fin qu'ils ont voulue. Tantôt ils y arrivent, et tantôt ils la manquent. Mais dans l'un et l'autre cas ils l'ont vue d'avance, et jugée bonne à poursuivre. La pierre qui tombe n'en sait pas si long.

Or, parmi les fins qui se présentent ainsi, et qui entrent en conflit dans presque tous les moments de

l'existence, il faut bien faire un choix; on ne peut vouloir à la fois faire une aumône et garder son argent, aller au théâtre et travailler, sauver un homme qui se noie et éviter l'humidité. L'intelligence, qui connaît et prévoit, représente sans cesse à la volonté plusieurs actions comme *possibles*, et celle-ci, sous peine de ne pas agir, réclame un critérium pour se décider entre elles. Telle est la conséquence de notre qualité d'êtres raisonnables. « Je veux savoir pourquoi je me fâche », dit un personnage de comédie; et nous, nous voulons savoir pourquoi nous agirions ainsi plutôt qu'autrement. Le propre de la raison est d'exiger l'intelligibilité. Dans les sciences physiques, ce caractère rationnel de la nature est posé comme un postulat suivant lequel doit se diriger et se juger notre recherche. Dans nos actions, qui sont contingentes au moins à notre égard, puisque nous hésitons entre elles, et qui dépendent de notre volonté, cette même exigence est un ordre, et constitue la loi morale. Sans doute, ce caractère de contingence leur permet aussi de s'y soustraire, et les hommes agissent souvent d'une façon absurde; mais alors la raison proteste, affirme quand même son autorité, et la rétablit en principe en nous forçant d'avouer que l'action était *mauvaise*, c'est-à-dire en désaccord avec la norme qu'elle aurait dû suivre [91].

Mais le principe de raison suffisante ne serait-il pas satisfait si l'homme se laissait guider tantôt par un instinct, tantôt par un autre, selon qu'il y serait disposé? Assurément les animaux vivent ainsi, et les moins intelligents des hommes font de même; ils vont

où les pousse l'impression du moment, sans souci de se mettre d'accord avec eux-mêmes. Mais ne voyons-nous pas que la raison les condamne? Les noms de brute, de bête ou d'animal n'ont jamais passé pour un éloge. — C'est qu'en effet, agir d'une manière intelligible et intelligente, c'est conduire sa vie avec une certaine méthode, *constanter vivere*, disaient les stoïciens; et non pas flotter comme un bouchon que la vague apporte et remmène. La raison de l'homme ne peut être satisfaite par le spectacle de ses actions qu'à la condition d'y trouver une unité : unité et intelligibilité sont termes synonymes. L'idéal de la science est de diminuer toujours la quantité de lois spéciales qui la composent en les absorbant dans le plus petit nombre possible d'axiomes élémentaires; là, nous sommes encore loin de la simplification parfaite, parce qu'il s'agit de faits qui ne dépendent pas de nous; mais en morale, au contraire, notre autorité est absolue; il suffit de vouloir pour orienter notre vie dans la direction que nous choisissons; et sauf les accidents de la faiblesse humaine, de la passion et de la folie, il ne dépend que de nous de nous décider dans tous nos actes par un critérium unique, la considération du bien.

L'autorité législative de la raison va plus loin. Pourrait-on adopter, comme but uniforme constituant l'unité de la vie, la satisfaction d'un instinct déterminé, l'ambition par exemple ou l'amour? Si large qu'on prît ce sentiment, il serait bien difficile qu'il pût servir de critérium à toutes les actions; et par conséquent la raison ne serait satisfaite que dans certains cas. Mais cette objection même n'est pas la plus forte; ce qui rend

impossible cette solution du problème moral, c'est qu'un instinct n'est pas intelligible en lui-même. C'est une impulsion obscure dont nous ne saisissons pas la cause; lorsque nous y obéissons, nous ne savons pas pourquoi nous agissons ainsi. Cuvier a fort bien remarqué que l'instinct est en raison inverse de l'intelligence; et les théoriciens de l'amour s'accordent à y voir une duperie des êtres par la nature, qui assure seulement par leur moyen la reproduction des espèces. Il en est de même de toute autre inclination naturelle; l'intelligence, ce grand dissolvant, attaque aussitôt par l'analyse tout instinct dont elle prend conscience; dès lors, elle le détruit si elle le juge inutile, elle le transforme en volonté et en habitude si elle le trouve conforme à sa raison. Si donc nous pouvions conserver un instinct comme principe compris et voulu de nos actes, c'est qu'il aurait d'abord été justifié lui-même par un motif supérieur, et c'est en définitive ce motif qui serait la règle de notre vie.

Rien ne sera donc justifié, à moins que la raison, qui est elle-même action et finalité [144], ne trouve dans sa propre nature une fin qui lui soit inhérente, qui ne fasse qu'un avec sa propre puissance critique, et par suite qui ne puisse être dissoute par l'application de cette critique [101]. Kant en a fait la déduction d'une façon presque mathématique dans sa *Métaphysique des mœurs* et dans sa *Critique de la raison pratique*. Comme il ne s'agit pas ici d'exposer la morale, mais seulement de montrer comment elle est fondée sur la raison, il n'est pas nécessaire d'entrer dans le détail des formules. Dans leur ensemble, elles reposent

sur cette vérité fort solide que la raison ne peut pas trouver d'objet plus raisonnable qu'elle-même, ni la volonté de but plus logique que sa propre autonomie. C'est seulement en s'appliquant à servir les intérêts de la raison et de la liberté que l'activité peut être complètement intelligible, et par conséquent tout à fait conforme à ce qu'elle veut être. Mais la réunion de la raison et de la liberté est ce qui forme l'âme de l'homme, sa *personnalité morale* : respecter et développer cette personnalité dans tous les êtres qui la comportent, telle est donc la loi définitive de la raison pratique. « L'homme est bien loin de la sainteté, mais cependant la personnalité humaine doit être sacrée en lui. Dans la création entière on a le droit d'employer comme simple moyen tout ce qu'on veut et tout ce qu'on peut, excepté l'homme; toute créature raisonnable doit être traitée comme une fin en soi [1]. »

157. Comme tous les produits de la pensée humaine, la morale prend donc son point d'appui sur la raison. La nécessité de ce fondement est peut-être même plus apparente pour les sciences normatives que pour les sciences explicatives : si quelque chose *doit* être fait, ce devoir ne peut être donné qu'*a priori*, l'expérience par sa nature ne prononçant que sur des questions de fait, et laissant toujours intactes celles de droit. Et même, si la déduction ou l'induction réclament un principe rationnel, c'est qu'elles impliquent, elles aussi, l'affirmation d'un certain droit, celui de conclure

1. Kant (1724-1804), *Critique de la raison pratique*, liv. I, chap. III.

du passé à l'avenir ou des prémisses à la conclusion. L'idée la plus élevée d'où partent toutes les méthodes est le droit de l'esprit à l'universalité. Cette universalité peut être nécessaire, comme dans l'objet de la pensée, ou contingente, comme dans le sujet pensant; mais, affirmée ou simplement recherchée, elle demeure le roc inébranlable sur lequel est bâti tout l'édifice de la vie intellectuelle et morale. « La nature de la raison, dit un théorème justement célèbre de l'*Éthique*, est de concevoir toutes choses sous la forme de l'éternité [1]. »

Nature et limites de l'explication scientifique.

158. La structure de notre esprit est telle que nous y trouvons *a priori* des notions et des règles orientant notre effort vers la construction du monde et jugeant des résultats obtenus, mais non sans nous laisser un certain jeu quant aux moyens de réussir. La perception, et plus tard la science qui la prolonge, sont le produit de ce travail. Mais nous pouvons nous demander si ce que nous percevons existe indépendamment de notre esprit, ou si ce n'est au contraire qu'un rêve bien régulier. Cette question, que se posent souvent même des gens de peu d'instruction, nous est suggérée par plusieurs motifs d'un grand poids.

En premier lieu dans le rêve, le délire, l'hallucination, nous voyons et nous touchons des objets qui nous présentent toutes les apparences ordinaires de nos

1. Spinoza (1632-1677), *Ethique*, 2e partie, corollaire de la proposition 44.

sensations, et qui n'en diffèrent uniquement que par leur incohérence. Bien plus, dans certaines maladies et dans certains états pathologiques de l'esprit, nous pouvons faire naître à volonté de pareilles images, qui se substituent aux perceptions normales et qui jouent tout à fait le même rôle qu'elles.

En second lieu, si nous considérons nos sens, nous constatons qu'ils ont chacun leur *énergie spécifique*, c'est-à-dire la propriété de nous donner une certaine sensation spéciale et déterminée en réponse à une même excitation extérieure. Faites agir le même courant électrique sur l'extrémité des doigts, sur celle de la langue, sur l'œil, sur l'oreille : vous obtiendrez avec cette même cause, ici un chatouillement, là une saveur, puis une sensation lumineuse, enfin un son. Tous ces phénomènes ne sont donc pas des qualités appartenant, en eux-mêmes, aux objets au milieu desquels nous vivons, mais seulement à notre faculté de percevoir.

Enfin, il est évident que lorsque nous voyons ou sentons les choses, nous n'entrons pas en contact direct avec elles; entre le soleil et moi s'interposent un milieu physique, un milieu physiologique, un milieu psychologique où se succèdent les transformations les plus complexes avant que le phénomène arrive à notre conscience. Ce que nous percevons n'est jamais que le dernier terme de cette série, c'est-à-dire une modification de notre esprit, une pensée. Nous ne doutons aucunement de l'existence de nos semblables, en tant que consciences; mais ils ne nous sont jamais connus qu'indirectement : nous interprétons leurs gestes et leurs paroles et nous en déduisons leur pensée, mais nous ne

pouvons pas plus l'atteindre en elle-même que tout autre objet réel et différent de nous. Cette solitude des âmes, qui a inspiré de beaux vers à un poète contemporain, est encore une raison de réfléchir à la nature de tout ce que nous nous représentons autour de nous, et d'en considérer le caractère objectif comme dérivé, comme construit, et non comme primitif.

Ce que nous appelons le monde extérieur est donc en définitive l'ensemble de nos représentations internes, que la nature de notre esprit nous force à *objectiver*, c'est-à-dire à nous représenter comme quelque chose d'existant hors de nous et de distinct de nous-mêmes. Quelle serait la nature d'un monde véritablement *extérieur*, c'est-à-dire de ce qu'on peut nommer, faute d'un meilleur terme, la *cause* qui produit toutes ces images dans notre pensée? Voilà le grand problème métaphysique. Nous ne le signalons pas ici pour le résoudre, mais au contraire pour montrer combien ceux qui prétendent le trancher d'un mot se rendent peu de compte de la difficulté. Le matérialiste, qui croit à l'existence des atomes, comme à des choses en soi, fait une métaphysique aussi aventureuse que Berkeley ou Malebranche assignant la volonté de Dieu pour seule cause véritable à tout ce que nous croyons percevoir, et niant absolument toute autre réalité.

159. Nous n'entrerons donc pas dans la question de savoir quelle peut être la cause générale de notre connaissance, la nature intime du *noumène*[1]. Tout ce

1. Terme créé par Kant pour désigner l'origine inconnue de notre représentation, du grec νοούμενον, « ce qui est conçu »; il s'oppose à phénomène, φαινόμενον, « ce qui apparaît ».

que nous savons, c'est qu'elle ne ressemble pas plus à nos perceptions, qu'un livre imprimé, noir sur blanc, ne ressemble à la pensée de l'auteur qui l'a écrit. Mais au point de vue scientifique, il ne nous importe pas de savoir ce qu'est le noumène, ni même s'il existe. Quelles que puissent être sa nature et ses lois, elles ne se manifestent jamais à nous que par nos idées, par les phénomènes du monde sensible. Ce sont eux qui font nos plaisirs et nos douleurs, notre bonheur ou notre misère; ce sont eux seulement qui, bien connus, nous permettent de satisfaire nos besoins et ceux de nos semblables; subjectifs ou non, ils sont le milieu où se développent notre intelligence, notre activité, notre moralité même; *in eis vivimus, movemur, et sumus*. Sans doute, il serait puéril et peut-être dangereux de vouloir nous y enfermer rigoureusement, et nous interdire toute pensée qui n'y ait pas trait. « N'écoutez pas, dit Aristote, ceux qui conseillent à l'homme de ne songer qu'à des choses humaines et passagères comme lui; il faut autant que possible s'éterniser et consacrer sa vie à ce qu'on a de meilleur en soi. Si la pensée tient peu de place dans le monde, elle ne l'en dépasse pas moins infiniment par sa valeur et sa dignité[1]. » La recherche de l'absolu est un bel idéal; l'étude de la métaphysique sert à la fois à exercer l'esprit, à satisfaire ses tendances vers une explication dernière des choses et surtout à se préserver de quelques illusions grossières sur les limites du possible et de l'impossible. Mais le but des sciences est différent

1. Aristote, *Ethique à Nicomaque*, liv. X.

et n'exige pas qu'on aille aussi loin Dans ce qui nous apparaît se manifeste un ordre, une détermination régulière qui nous permet de conclure d'un phénomène à un autre, de les produire les uns par les autres, et surtout de nous en faire, nous et nos semblables, une représentation commune, représentation qui est précisément ce que nous appelons, au sens ordinaire du mot, le *monde réel*. Trouver les moyens les plus propres à *représenter cet ordre* et à le rendre aisément saisissable, tel est l'objet de toutes les sciences, et non de savoir ce qui existe en soi. L'important n'est donc pas que ce qui apparaît à nos sens et à notre raison soit ou ne soit pas un rêve, mais que ce rêve soit communicable, cohérent et bien lié; et il l'est en effet : la raison et l'expérience nous le garantissent également.

La valeur de la science.

160. « Pour un observateur superficiel, la vérité scientifique est hors des atteintes du doute; la logique de la science est infaillible, et si les savants se trompent quelquefois, c'est pour en avoir méconnu les règles.

« Quand on a un peu plus réfléchi, on a aperçu la place tenue par l'hypothèse; on a vu que le mathématicien ne saurait s'en passer, et que l'expérimentateur ne s'en passe pas davantage. Et alors, on s'est demandé si toutes ces constructions étaient bien solides, et si un souffle n'allait pas les abattre. — Être sceptique de cette façon, c'est encore être superficiel. Douter de tout ou tout croire, ce sont deux solutions également commodes, qui l'une et l'autre nous dispensent de réfléchir.

« Au lieu de prononcer une condamnation sommaire, nous devons examiner avec soin le rôle de l'hypothèse : nous reconnaîtrons alors non seulement qu'il est néces-

saire, mais que le plus souvent il est légitime. Nous verrons aussi qu'il y a *plusieurs sortes* d'hypothèses; que les unes sont vérifiables et qu'une fois confirmées par l'expérience, elles deviennent des vérités fécondes [1]; que les autres, sans pouvoir nous induire en erreur, peuvent nous être utiles en fixant notre pensée [2]; que d'autres enfin ne sont des hypothèses qu'en apparence et se réduisent à des conventions ou des définitions déguisées [3].

« Ces dernières se rencontrent surtout dans les mathématiques et dans les sciences qui y touchent. C'est justement de là que ces sciences tirent leur rigueur; ces conventions sont l'œuvre de la libre activité de l'esprit, qui dans ce domaine ne reconnaît pas d'obstacle. Là, notre esprit peut affirmer parce qu'il décrète; mais entendons-nous : ces décrets s'imposent à notre science qui sans eux serait impossible; ils ne s'imposent pas à la nature. Ces décrets, pourtant, sont-ils *arbitraires*? Non : sans cela ils seraient stériles. L'expérience nous laisse notre libre choix, mais elle le guide en nous aidant à discerner le chemin le plus commode. Nos décrets sont donc comme ceux d'un prince absolu, mais sage, qui consulterait son Conseil d'État [4].

1. Par exemple, que les maladies contagieuses sont dues à des organismes microscopiques; que la lumière est un mouvement périodique d'un milieu élastique, etc. — *Hypothèse* est alors synonyme de *conjecture*; c'est le sens le plus usuel.

2. Par exemple, que les corpuscules composant l'atome sont sphériques, et se meuvent circulairement autour du centre à des distances égales. Ce qui est, en ce sens, *hypothèse indifférente*, utile seulement à fixer les idées, peut devenir hypothèse démontrable à un stade ultérieur de la science, avec des connaissances plus étendues et des moyens d'investigation plus puissants. Les atomes étaient dans ce cas pour les anciens.

3. Par exemple, qu'un corps abandonné à lui-même se meut en ligne droite et avec une vitesse constante; ce qui est la définition du corps « abandonné à lui-même » ou « sur lequel rien n'agit ». — Ce sens est le sens primitif du mot *hypothèse*. Il est conservé dans quelques expressions mathématiques : Dans un triangle isocèle, AB = AC *par hypothèse*.

4. On pourrait encore le comparer au choix libre, mais appro-

« Quelques personnes ont été frappées de ce caractère de libre convention qu'on reconnaît dans les principes fondamentaux des sciences. Elles ont voulu généraliser outre mesure, et en même temps elles ont oublié que la liberté n'est pas l'arbitraire. Elles ont abouti ainsi à ce qu'on appelle le *nominalisme*, et elles se sont demandé si le savant n'est pas dupe de ses définitions et si le monde qu'il croit découvrir n'est pas simplement créé par son caprice. Dans ces conditions, la science serait certaine, mais dépourvue de portée.

« S'il en était ainsi, la science serait impuissante. Or, nous la voyons chaque jour agir sous nos yeux. Cela ne pourrait être, si elle ne nous faisait connaître quelque chose de la réalité. Mais ce qu'elle peut atteindre, ce ne sont pas les choses elles-mêmes, comme le pensent les dogmatistes naïfs; ce sont seulement les rapports entre les choses; en dehors de ces rapports, il n'y a pas de réalité connaissable [1]. »

Les hypothèses scientifiques, même les plus générales, diffèrent ainsi du tout au tout des systèmes métaphysiques. Elles n'ont pas comme eux pour objet de nous rapprocher de la chose en soi; leur but est seulement de transcrire tous les phénomènes qui peuvent tomber sous nos sens en une représentation qui permette de les comparer, de même que pour le calcul on réduit artificiellement des fractions diverses à un même dénominateur. De cette manière on peut établir entre les éléments de notre connaissance des relations parfaitement définies; on sacrifie pour cela

prié, de l'échelle et du mode de projection adopté pour une carte. De ce choix dépend tout le tracé, qui pourtant n'est par arbitraire, mais déterminé par la forme réelle du pays représenté.

1. H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*.

ce qui fait au point de vue sensible leur caractère propre, le goût ou la couleur par exemple, et on leur substitue une représentation nouvelle qui, si elle ne leur est pas absolument adéquate, a du moins le grand avantage de les rattacher les uns aux autres par des rapports nets et faciles à comprendre. L'expression analytique des courbes en géométrie, la théorie atomique dans la chimie, sont de belles applications de ce principe. On pourrait encore, pour rendre sensible ce caractère assez délicat des explications scientifiques, comparer le monde à une grande œuvre d'art dont une partie serait en prose, une autre en vers, une autre formée de dessins, d'autres passages exprimés par des accords ou des phrases mélodiques : la science serait alors assez fidèlement représentée par une analyse continue qui résumerait dans un même style, simple et logique, sans distinction des formes primitives, toutes les idées et tous les sentiments exprimés dans un tel ouvrage. C'est en ce sens seulement qu'on peut dire, à la manière de Poincaré, que les formules les plus générales des sciences sont des conventions commodes, et dont la commodité explicative est même la seule démonstration [1]. Et cela justifie aussi les caractères classiques réclamés par les logiciens pour toute bonne hypothèse : être simple, n'être pas superflue, et comprendre tous les faits connus [2].

1. M. H. Poincaré, *Sur les géométries non euclidiennes*. Revue générale des sciences, décembre 1891 et janvier 1892.

2. On ajoute aussi souvent : « Faire prévoir des faits encore ignorés ». Mais ce n'est pas évidemment une condition nécessaire de validité; c'est seulement un caractère qui, lorsqu'il se présente, fortifie beaucoup l'hypothèse; il nous donne lieu de penser, en effet, que nous ne trouverons plus de faits nouveaux qui soient inconciliables avec elle.

161. Ce n'est pas à dire que la science se sépare ici du sens commun, et renonce à la notion de *réalité*; mais il faut bien distinguer cette réalité, physique et morale, de l'idée d'un être en soi, d'une substance antérieure à la connaissance scientifique, indépendante d'elle, et dont elle serait chargée de réaliser une sorte de duplicata ou de copie réduite, quelque chose comme une petite photographie d'un grand tableau. La construction d'objets définis et permanents, de choses matérielles ou quasi-matérielles, est précisément, comme nous l'avons remarqué dès le début de cet ouvrage, un des moyens essentiels dont nous nous servons pour mettre de l'ordre dans nos représentations individuelles et collectives [1]. L'étude successive des méthodes et des résultats montre comment la raison effectue consciemment et graduellement cette tâche pour nos perceptions passées et futures, de même qu'elle ordonne sous nos yeux les perceptions présentes d'une façon inconsciente et presque immédiate. Son œuvre scientifique, quand elle est réussie et durable, n'est que la suite et l'achèvement de son œuvre spontanée.

Les données immédiates de l'expérience sont la matière dont la réalité est faite, la condition pour qu'il se constitue un réel; elles ne sont pas une réalité au sens plein et entier de ce mot. L'arc-en-ciel n'est pas un objet réel; les gouttes d'eau qui le produisent en sont un, tant que nous n'avons pas le moyen de pousser plus loin, et d'y voir la résultante d'atomes, ou d'élec-

1. Voir ci-dessus, chap. I.

trons, qui satisfassent encore mieux aux *desiderata* de la pensée. *Réel* veut dire avant tout véritable, authentique, solide; dans l'ordre des objets physiques, comme dans celui des sentiments, c'est ce qu'on a le droit et le devoir d'admettre, ce sur quoi l'on peut compter. « Le phénomène peut n'être qu'une apparence, une perception individuelle; le fait, au contraire, est toujours tenu pour réel : il fait partie des choses telles qu'elles sont. L'ébullition de l'eau est un fait; le spectacle d'une belle vallée n'en est pas un. Dire que mon existence est un phénomène, c'est en quelque façon la contester; dire qu'elle est un fait, c'est la reconnaître[1]. » En ce sens, le réalisme est vrai, non comme point de départ métaphysique, mais bien plutôt comme point d'arrivée et comme norme de notre connaissance, qu'elle soit celle du sens commun ou celle de la science. « La réalité est le produit logique d'un système de valeurs : celles de tous les jugements sur lesquels l'accord est le plus complet, d'une part avec les normes logiques, de l'autre entre les différents esprits compétents, et qui présentent ainsi le plus haut degré d'objectivité. Ce caractère a été très bien aperçu par Whewell dans sa théorie si méconnue de la « colligation[2] ». Que l'air soit un corps, une chose matérielle, ce fut d'abord une théorie en faveur de laquelle Lucrèce se croyait encore obligé d'accumuler des arguments. Si l'oxygène, après avoir été une hypothèse opposée à celle du phlogistique, est maintenant aussi réel que le fer ou le soufre, ce n'est pas qu'on ait fini par trouver moyen de le saisir dans une intuition, sensible ou métaphysique : c'est parce que les chimistes souscrivent tous à la validité logique des expériences et des raisonnements qui l'ont investi de cette réalité. Faire et maintenir la nature, sous certaines conditions rationnelles bien définies, est un devoir que tous les hommes civilisés reconnaissent implicitement, qu'ils ne songent même pas à discuter, et dont ils ne prennent pas conscience (suivant la loi bien connue de Claparède) parce qu'ils s'y conforment, en dépit quelquefois de leurs intérêts momentanés, beaucoup plus régulièrement qu'à n'importe quelle autre obligation. Mais ils ne s'y conforment pourtant pas d'une manière absolue : l'avidité de gagner, l'amour-propre, la passion nous montrent un nombre plus que suffisant de petits écarts et de tentatives pour se faire, ou pour faire à autrui, un monde quelque peu différent de celui que prescrirait la logique. Ces divergences seraient encore bien plus grandes, si les sanctions, dans ce domaine (sans être infaillibles, à beaucoup près) ne s'y exerçaient cependant avec beaucoup plus d'ampleur, d'évidence et de régularité que partout ailleurs. Et l'on se rend compte, une fois qu'on y songe, qu'un fléchissement sur ce point ne serait pas rigoureusement impossible, et constituerait un des plus graves dangers que pût courir la civilisation. Il ne paraît pas nous menacer en ce moment : mais si l'on veut comprendre la nature des autres valeurs, et, dans le détail, en mettre à l'épreuve les applications, il faut les comparer, non pas à ce pro-

1. *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, Observations de divers membres de la Société sur le mot *fait*. I, 241-242.

2. Voir *Les théories de l'induction et de l'expérimentation*, chap. VIII, p. 160-167.

duit qu'est le monde des faits, mais aux *normes* logiques qui servent d'armature à cette solide et rassurante cristallisation [1] ».

162. M. Meyerson, dans ses remarquables travaux sur la philosophie des sciences, a mis fortement en lumière ces deux vérités : 1° que la science prolonge le sens commun et en conserve les positions fondamentales tout en le réformant sur un grand nombre de points de détail; 2° que le problème du physicien n'est pas seulement de déterminer des *lois*, c'est-à-dire des rapports abstraits entre les sensations brutes, mais de définir des *choses* auxquelles s'appliquent ces lois [2].

« Le physicien est tellement peu capable de se détacher du concept de chose, que les choses du sens commun ne lui suffisant pas, il en crée d'autres entièrement à leur image. Tel est le cas, par exemple, des objets télescopiques ou microscopiques. De toute évidence, la foi en leur existence chez le savant et, par répercussion sans doute chez la plupart des hommes du commun, est aujourd'hui la même que pour les objets perçus directement. Un éminent histologiste, M. Nageotte, a constaté tout récemment qu'une classe particulière d'erreurs de jugement provient de ce que les observateurs oublient que les images microscopiques ne sont pas à la même échelle que les objets qui les entourent, et qu'ils n'ont en réalité perçu que des fantômes [3]. Et pour le Soleil, il n'y a pas le moindre doute que, des deux images que nous en avons selon Descartes [4],

1. Extrait, d'un article de l'auteur, *Logique normative et vérités de fait*, Revue philosophique, mars 1929.
2. Voir notamment *Identité et réalité* ch. XI; *De l'explication dans les sciences*, chap. I et chap. XV.
3. J. NAGEOTTE, *Notice sur les travaux scientifiques*, etc. Paris, 1911, p. 9.
4. DESCARTES, *Méditations*, Ed. Adam et Tannery, IX, 31.

à savoir celle d'une petite tache lumineuse, et celle d'un corps immensément supérieur de taille à notre Terre, la seconde, chez l'astronome d'aujourdhui, se substitue complètement à la première : le Soleil est pour lui une masse incandescente, à peu près analogue à celles qui coulent d'un convertisseur Bessemer. — D'ailleurs, cette élaboration ne s'arrête nullement aux objets que nous pouvons voir, fût-ce par le secours d'instruments : elle s'étend à ceux dont l'existence est simplement inférée. Voici un électricien qui étudie un courant; cachons le galvanomètre au moyen d'un écran et demandons lui si le courant continue à passer. Il croira sans doute que nous demandons si un interrupteur n'a pas été tourné par mégarde. Insistons : demandons-lui s'il croit que le courant a cessé de passer du fait seul qu'il ne peut apercevoir le cadran du galvanomètre. Si l'homme auquel nous nous adressons n'a aucune culture philosophique, s'il est resté préservé du « doute métaphysique », et si nous lui avons bien fait comprendre la portée de notre question [1] (ce qui ne sera pas chose facile, tellement il est peu habitué à mettre en rapport ces deux ordres de considérations), eh bien, s'il est sincère, il nous rira au nez. Le doute, dans ce cas, lui paraîtra aussi injustifié que si nous lui demandions s'il doute de l'existence de sa femme ou de son atelier, simplement par ce qu'il n'aperçoit ni l'une ni l'autre au moment donné.

La croyance aux *objets* des deux catégories est apparemment, analogue, et coule de la même source... Quiconque aurait des doutes sur la réalité du courant en tant qu'objet n'aurait qu'à se référer à certaines théories récentes : ici, le courant consiste en un véritable flux d'électrons; il est d'ailleurs impossible de douter que ces derniers soient conçus comme réels, puisque c'est eux qui forment la matière, et sont censés par conséquent constituer la source de toute réalité...

1. Pour les raisons de se poser cette question, voir ci-dessus, chap. I, §§ 1 à 4; chap. VI, §§ 119-120; chap. VII, § 158.

Il est même facile de constater que les êtres hypothétiques de la science sont véritablement *plus choses* que les choses du sens commun. En effet, ce qui constitue la chose, c'est le fait d'être indépendant de la sensation : la chose reste ce qu'elle est, que je la regarde ou non. Or, l'être hypothétique est manifestement plus indépendant, plus éloigné de la sensation que la chose du sens commun, puisqu'il n'a jamais fait partie de notre sensation directe, et qu'au moins pour beaucoup d'entre ces êtres, tels que les atomes chimiques ou les électrons, cette sensation nous apparaît même à peu près impossible. D'autre part, ce qui distingue la chose de la sensation, c'est le fait d'être moins fugitive, plus *perdurable*; mais sur ce point encore, l'être théorique prime la chose du sens commun, car il est censé immuable ; l'énergie, la masse matérielle, l'atome, l'électron sont absolument constants, éternels, alors que tout ce que nous présente la perception directe subit, sans exception, l'influence du temps...

De toute évidence une science, qui serait conforme à l'idéal positiviste [1], qui serait réellement phénoméniste, s'appliquant à mettre directement en rapport les sensations, ne pourrait en aucun cas se livrer à la tâche qui consiste à créer des *choses* nouvelles [2] ».

163. On voit comment les savants peuvent être très décidément réalistes sans qu'on leur demande pour cela de révéler la nature d'un Être absolu, créé ou incréé. Il suffit, en fait d'absolu, qu'il existe une norme qui permette de distinguer d'une manière concordante la représentation meilleure de la représentation moins

1. *Positiviste*, au sens strict : conforme aux idées sur ce sujet dont les principes ont été posés par Auguste Comte, et dont le développement le plus connu se trouve dans Duhem, *La théorie physique, son objet et sa structure* (1906).

2. E. Meyerson, *De l'explication dans les sciences*, chap. I, p. 25-27.

parfaite [1]. On pourrait dire tout aussi bien de la raison théorique ce que disait Kant de la raison pratique :

Was uns zu thun gebührt, dess sind wir nur gewiss [2].

Aussi l'histoire des sciences positives montre-t-elle qu'elles ne s'alimentent pas moins de philosophie que la philosophie de sciences positives, bien qu'elles le fassent en général d'une manière moins consciente et moins directe. Elles ne font que poser le problème métaphysique avec plus d'acuité pour le savant que pour l'ignorant; car celui qui commence à s'instruire espère encore trouver en elles la clef de l'énigme universelle; celui qui les possède a fait l'épreuve de leurs limites, et usé les dernières ressources de l'entendement. Il sait qu'il est un point où s'arrête la force des arguments logiques, et par delà lequel les plus grandes invraisemblances deviennent non moins possibles que les plus communes imaginations. Mais si cette pensée peut l'attrister parfois, la vue habituelle du mystère le rend modeste, tolérant pour les croyances des autres, ferme dans les siennes. Il apprend à s'intéresser pour lui-même à ce monde sensible et intellectuel où nous vivons, qui ne manque ni de bien à faire, ni de vérités à découvrir, et qui présente cette immense prérogative d'être le moyen de communication des intelligences, le produit de leur effort collectif pour se comprendre entre elles, et pour

1. Nous avons essayé de déterminer dans d'autres ouvrages le caractère de ces jugements de valeur. Voir en particulier *Les Illusions évolutionnistes*, chap. V : « Les trois formes de l'assimilation intellectuelle.

2. « Ce que nous avons à faire, voilà la seule chose dont nous soyons certains. »

comprendre ce qu'elles sentent[1]. Ainsi entendue, la vérité, même relative et phénoménale, renferme en soi un si puissant attrait qu'elle peut compenser pour l'esprit le regret de ne pouvoir prétendre à l'absolu. L'exercice libre de la pensée, s'appliquant à des objets réels et non pas à de vaines disputes de mots, est de tous les plaisirs le plus solide et celui qui entraîne le moins de douleurs avec lui. Comme le grand art, il détache l'homme des petitesses ordinaires de la vie, et lui procure une forme supérieure d'existence. Par la sensation, nous sommes en contradiction avec nous-mêmes et avec les autres. Les hommes incultes ou les barbares se croient chacun au centre du monde; leurs idées sont inconciliables et inefficaces. Par la raison et par la science, au contraire, nous nous mettons d'accord, en quittant ce point de vue égoïste, en nous représentant tous ensemble notre planète comme un point dans le système solaire, notre pays comme une petite région de la planète, et nous-mêmes, en tant qu'individus, comme un des millions d'êtres qui vivent à la surface de ce pays. Nous apercevons de

1. « Ce que nous appelons la réalité objective, c'est en dernière analyse ce qui est commun à plusieurs êtres pensants et pourrait être commun à tous. » H. Poincaré. *La valeur de la science*, p. 9. — « L'idée de la vérité ne se sépare pas de la possibilité future d'une communion universelle... La recherche scientifique représente au plus haut degré la tendance de notre âme à communier, par les voies les plus diverses, mais avec un scrupuleux souci d'objectivité normale, avec l'âme même de l'humanité; elle représente la défiance extrême à l'égard de soi-même, de ses sens, de ses préjugés, de ses opinions, de tout ce qui risque d'être individuel et subjectif;... elle est la volonté d'atteindre à une vérité qui contienne en soi sa propre force de persuasion et d'expansion. » G. Milhaud, *L'idée de science*, Communication au Congrès de Genève, 1904.

loin cette situation infime où nous étions tout d'abord entièrement absorbés, comme un alpiniste, dans un vaste panorama, aperçoit au fond d'une petite vallée la tache à peine visible de la maison qu'il habite, et d'où la vue s'arrête au premier repli de terrain. Quand on a bien acquis l'habitude de cette perspective, on est un autre homme. On y trouve des satisfactions et des forces qui paraissent invraisemblables à ceux qui n'ont jamais éprouvé que la vie individuelle. « Si, comme je me plais à le croire, dit Augustin Thierry [1], l'intérêt de la science est compté au nombre des grands intérêts nationaux, j'ai donné à mon pays tout ce que lui donne le soldat mutilé sur le champ de bataille. Quelle que soit la destinée de mes travaux, cet exemple, je l'espère, ne sera pas perdu. Je voudrais qu'il servît à combattre l'espèce d'affaissement moral qui est la maladie de la génération nouvelle; qu'il pût ramener dans le droit chemin de la vie quelques-unes de ces âmes énervées qui se plaignent de manquer de foi, qui ne savent où se prendre et vont cherchant partout, sans le rencontrer nulle part, un objet de culte et de dévouement. Pourquoi se dire avec tant d'amertume que dans le monde constitué comme il est il n'y a pas d'air pour toutes les poitrines, pas d'emploi pour toutes les intelligences? L'étude sérieuse et calme n'est-elle pas là? Et n'y a-t-il pas en elle un refuge, une espérance, une carrière à la portée de chacun de nous? Avec elle, on traverse les mauvais jours sans en sentir

1. *Dix ans d'études historiques*, Préface. — Furne, Jouvet et Cie, éd.

le poids, on se fait à soi-même sa destinée; on use noblement sa vie. Voilà ce que j'ai fait et ce que je ferais encore; si j'avais à recommencer ma route, je prendrais celle qui m'a conduit où je suis. Aveugle et souffrant sans espoir et presque sans relâche, je puis rendre ce témoignage qui de ma part ne sera pas suspect : il y a au monde quelque chose qui vaut mieux que les jouissances matérielles, mieux que la fortune, mieux que la santé elle-même : c'est le dévouement à la science. »

FIN

INDEX ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

[Les numéros renvoient aux pages.]

ABRAHAM, 290.
ARMÈS, 89.
D'ALEMBERT, 44, 111, 128, 167, 235, 366.
AMPÈRE, 46-49, 62-65, 69-71, 77-79, 80, 132-135, 189, 267, 358.
ANAXAGORE, 261, 263, 277.
ANAXIMÈNE, 262.
ANSTED, 321.
ARCHIMÈDE, 25, 88.
ARISTOTE, 13, 15, 41, 42, 104, 141, 234, 310, 374.
ARNAULD, 118-119.

BACON, 9, 43-44, 152-163, 230, 235, 264, 279, 282, 365.
BAILLY, 33.
BAYLE, 104.
BELOT (Emile), 318.
Claude BERNARD, 135-140, 163-166, 171-174, 340-343.
BERNOULLI (Jacques), 86.
BERTHELOT, 265-267, 275.
BESSEL, 150-152.
BINET, 256.
BISCHOFF, 320.
BIOT, 148-149, 284.
BOEHME, 306.
BORRIUS, 30.
BOSCOVICH, 272.
BOSSUT, 112.
BUFFON, 2-5, 324.

CARDAN, 91.
CARLYLE, 249.
CARNOT (Lazare), 113.
CARNOT (Sadi), 281, 297.
CAVALIERI, 109.
CICÉRON, 110.
COMTE, 11-13, 49-56, 66-68, 74-75, 94-100, 189, 191, 235-237.
CONDILLAC, 9-10, 25, 87.
COURNOT, 58-60, 82-87.
CUVIER, 134, 301, 302-303.

DARWIN, 162, 324-325, 332.
DÉMOCRITE, 262-263, 278, 283.
DESCARTES, 41, 44-45, 71, 92-94, 107, 109, 125, 138, 169-170, 264, 273, 274, 282, 306, 310, 365.
DIDEROT, 44.
DIOGÈNE LAËRCE, 43.
DIOPHANTE, 91.
DUHAMEL, 25, 87-88, 119-123, 274.
DUHEM, 384.
DUMAS, 182, 187.
DURKHEIM, 192, 228-232.

EINSTEIN, 360-361.
EISENLOHR, 89.
EMPÉDOCLE, 261, 320.
EPICURE, 263, 283.
ESPINAS, 308-310.
EUCLIDE, 119.
EULER, 75, 167, 289.

FARADAY, 162.
FAYE, 318.
FERMAT, 86, 92.
FONTAINE, 112.
FRESNEL, 286.
FUSTEL DE COULANGES, 254.

GALILÉE, 33, 141-142, 166-167, 168, 358.
GASSENDI, 283.
GIRARD, 91-92.
GOBLOT, 60-61.
GRIMM, 31.

HEGEL, 104.
HELMONT (Van), 165, 306, 307.
HÉRACLITE, 262.
HERMITE, 74.
HERSCHEL, 34-40, 129-130, 316.
HIPPOCRATE, 165.
HOEFER, 306.
HUMBOLDT, 320.
HUYGENS, 86, 284-286.

JACOBI, 304.
JOUFFROY, 218-228.
JOULE, 281.

KANT, 274, 316, 346, 366, 369-370, 373.
KÉPLER, 125.
KING, 321.
KROPOTKINE, 332.

LAGRANGE, 73, 109, 112.
LAMARCK, 50, 324.
LANGEVIN, 363.
LANGLOIS et SEIGNOBOS, 241-248, 249-250, 253, 254-258.
LAPLACE, 281, 316-319.
LA ROCHEFOUCAULD, 197.
LAVOISIER, 41, 264, 281, 314, 346.
LEIBNIZ, 8, 41, 75, 86, 88, 109, 110, 111, 113-114, 180, 200, 307, 308, 310, 313, 348, 350, 351, 353-354, 365.
LÉONARD DE VINCI, 17.
LINNÉ, 134.
LIPPMANN, 311,
LUCRÈCE, 279, 323-324.

MACH, 364.
DE MAISTRE (Joseph), 224.
MANNHEIM, 358.
MAREY, 130.
MATTER, 90.
MATTHIESSEN, 91,
MAUPASSANT, 185.
MAXWELL, 290.
MEYERSON, 275, 382-384.
MICHELSON et MORLEY, 363.
MITSCHERLICH, 145, 149.
MILHAUD (Gaston), 252-253, 384.
MILL (John Stuart), 152, 193-196, 200.
MOIVRE, 86.
MONTAIGNE, 110.

NEWTON, 39, 109-110, 150, 254, 283-284.
NICOLE, 118-119.
NOLLET (l'abbé), 283-284, 288, 289-290.

D'ONS EN BRAY, 130.
OSTWALD, 292.

PARACELSE, 306.
PASCAL, 28-31, 85, 109, 111, 114-118, 210, 326, 337.
PASTEUR, 126, 145-150.
PEET, 89.
PEIRCE, 217.
PELLAT (Henri), 270, 288, 290.
PERROT, 320.
PETROVITCH, 314.
PLATON, 119, 263, 273, 275, 278, 305, 313, 365.
POINCARÉ (Henri), 177-180, 218, 249, 364, 375-378, 383-384.
POINSOT, 174-177.
POTIER, 290. [365].
PYTHAGORE, 33, 42, 263, 278, 305, 359,

RECLUS (Élisée), 315-322.
RENOUVIER, 104.
REY (Abel), 89.
ROBERVAL, 109, 167.
ROUSSEAU (J.-J.), 32, 204-205, 232-234.
ROUSSELOT, 130.
ROYER (C.-A.), 325.
RUMFORD, 281.
RZIKA, 321.

SÉAILLES, 17.
SEIGNOBOS, voir LANGLOIS et SEIGNOBOS
SIMPLICIUS, 305.
SOCRATE, 278.
SPENCER (Herbert), 56-58, 292, 296, 326-328, 330-332.
SPINOZA, 371.
STENDHAL, 185.
STEVIN, 91.
STUDER, 320.

TAINE, 6, 18-25, 27.
TARDE, 192.
THALÈS, 262.
THIERRY (Augustin), 385-386.
THOMSON, (J.-J), 268.
THOMSON, (William), lord Kelvin, 273.
THUROT, 30, 140-144.
TORRICELLI, 142, 144.

VAILATI, 62, 216.
VERDET, 286, 287.
VIÈTE, 92, 107.
VIVIANI, 142.
VOLTAIRE, 32, 302.

WUNDT, 61, 188, 199.

YOUNG, 168, 285, 299.

ZELLER, 104, 263.
ZÉNON de Cittium, 43.
ZÉNON d'Élée, 104.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I

LES SCIENCES

Désordre primitif des sensations. — Comment elles s'ordonnent. — Les sciences et la connaissance vulgaire. — But de la science. — Ses moyens : l'abstraction et la généralisation. — Importance des signes et en particulier du langage. — La science et l'autorité. — Le progrès des sciences 1

CHAPITRE II

CLASSIFICATION DES SCIENCES

Historique de cette classification : Aristote, Bacon, Descartes, l'*Encyclopédie*, Auguste Comte, Ampère, M. H. Spencer. — Avantages d'une classification naturelle des connaissances humaines. — Utilité de la philosophie des sciences..... 41

CHAPITRE III

LES SCIENCES MATHÉMATIQUES

Leur place dans la classification des sciences. — Définition et divisions. — Mathématiques pures : arithmologie, géométrie. — Sciences physico-mathématiques : mécanique,

astronomie; calcul des probabilités. — Des algorithmes. — Des principes de la géométrie analytique. — Des principes du calcul infinitésimal. — Axiomes, définitions et démonstrations; règles de Pascal. — Analyse et synthèse mathématiques..... 69

CHAPITRE IV

LES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Théorie générale de la méthode expérimentale. — Observation et classification. — De l'hypothèse. — De l'expérimentation. — Exemples d'expérimentation : expérience de Torricelli; expériences de M. Pasteur sur les cristaux dissymétriques; vérification de la loi de Newton. — La « Chasse de Pan ». — Rapports de la méthode mathématique et de la méthode expérimentale. — Des abus de la physique mathématique. — Le progrès des sciences physiques vers l'unité..... 124

CHAPITRE V

LES SCIENCES MORALES

Définitions — De la causalité dans les sciences morales. — Division de ces sciences. — Il peut exister une science de la nature humaine. — Des sciences normatives : place de l'Esthétique. — L'opposition du fait et du droit; l'expérience en morale. — Existe-t-il une méthode pour démontrer les vérités morales? — Distinction des *principes* et des *fondements* dans les sciences morales. — Du problème de la destinée humaine. — Méthode de la sociologie : les faits sociaux doivent être considérés comme des choses. — L'État est une personne morale. — L'histoire. — La méthode historique : exemples et règles de critique historique..... 181

CHAPITRE VI

LES HYPOTHÈSES GÉNÉRALES

Leur valeur. — L'unité de la matière : les corps simples et leur transmutation. — L'unité des forces physiques : le son, la chaleur, la lumière, l'électricité. — L'Energétisme. — La dégradation de l'énergie. — L'analogie : théorie des sociétés animales; réversibilité des phénomènes. — Hypothèses spéciales au système solaire ou à notre planète : la nébuleuse, le feu central; le transformisme, l'évolution, la lutte pour la vie..... 259

CHAPITRE VII

LES SCIENCES ET LA RAISON

La raison. — Les principes rationnels. — Principe d'identité. — Principe de substance : conservation de la masse. — Principe de causalité : conservation de l'énergie. — Le temps et l'espace. — Principe des sciences morales : la raison pratique. — Nature et limites de l'explication scientifique..... 335

Index alphabétique des noms d'auteurs..... 388

16716. — BRODARD ET TAUPIN, Coulommiers-Paris. — 12-31.